

ASOCIO

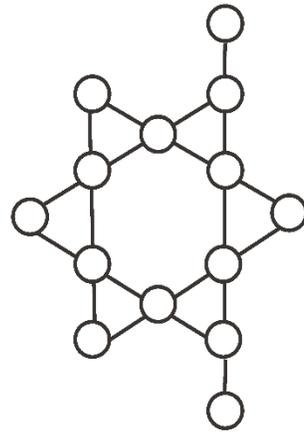
Asociación Colombiana de
Investigación Operativa



CONGRESO COLOMBIANO DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

© 2019 by ASOCIO Colombia.
NIT. 900886337-3

ISSN 2711-0001



ASOCIO 2019

III Congreso Colombiano de
Investigación de Operaciones

"Optimización y desarrollo"

12 y 13

septiembre de 2019

Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander

Organizan:



VIGILADA MINEDUCACIÓN

Apoyan:



OPALO
Research Group

Comité Directivo de ASOCIO

Mario César Vélez
Universidad EAFIT
Carlos Paternina
Universidad del Norte
Jairo R. Montoya-Torres
Universidad de la Sabana
Lauren Castro
Universidad de la Costa
Juan G. Villegas
Universidad de Antioquia

Comité Organizador

Presidente: Javier Eduardo Arias Osorio
Universidad Industrial de Santander
Carlos Eduardo Díaz Bohórquez
Universidad Industrial de Santander
Mario César Vélez Gallego
Presidente Consejo Directivo de ASOCIO

Comité de Programa

Daniel Orlando Martínez Quezada
Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia
Edwin Alberto Garavito Hernández
Universidad Industrial de Santander, Colombia
Eliana Marcela Peña Tibaduiza
Universidad Industrial de Santander, Colombia
Gustavo Adolfo Martínez Rueda
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia
Henry Lamos Díaz
Universidad Industrial de Santander, Colombia
Nestor Raúl Ortiz Pimiento
Universidad Industrial de Santander, Colombia
Sebastián García Méndez
Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia

Comité de Mercadeo y Logística

Jennifer Natalia Buitrago Rodríguez
Yuly Andrea Ramírez Sierra
Ana María Barajas Otálora
Victor Alfonso Sanabria Ruíz
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales,
Universidad Industrial de Santander

Comité Científico

Ana María Anaya Arenas
Universidad de Quebec en Montreal, Canadá
Andrés Felipe Osorio Muriel
Universidad ICESI, Colombia
Andrés Medaglia Gonzalez
Universidad de los Andes, Colombia
Antonio Mauttone
Universidad de la República, Uruguay
Ciro Alberto Amaya Guio
Universidad de los Andes, Colombia
Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez
Universidad de Antioquia, Colombia
Guillermo Nicolas Cabrera Guerrero
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
Gustavo Gatica González
Universidad Andrés Bello, Chile
Jairo Rafael Montoya Torres
Universidad de la Sabana, Colombia
Javier Arturo Orjuela Castro
Universidad Nacional de Colombia, Colombia
John Willmer Escobar Velásquez
Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia
Jorge Ernesto Mendoza Gimenez
HEC Montreal, Canadá
Juan Carlos Rivera Agudelo
Universidad EAFIT, Colombia
Juan Guillermo Villegas Ramírez
Universidad de Antioquia, Colombia
Juan Pablo Fernández Gutiérrez
Universidad de Medellín, Colombia
Leonardo José González Rodríguez
Universidad de la Sabana, Colombia
Mario César Vélez Gallego
Universidad EAFIT, Colombia
Nicolas Clavijo Buritica
Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Oscar David Barrera Ferro
Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Pablo Andrés Maya Duque
Universidad de Antioquia, Colombia
Ricardo Aceves García
Universidad Nacional Autónoma de México, México
Rodrigo Carlos Eugenio Linfati Medina
Universidad Bio Bio, Chile
Roger Z. Ríos Mercado
Universidad Autónoma de Nuevo León, México
Rubén Ruiz García
Universidad Politécnica de Valencia, España
William Javier Guerrero Rueda
Universidad de la Sabana, Colombia

Tabla de Contenido

1. Saludo del Presidente.....	pág 3.
2. Conferencias Magistrales.....	pág 4-5.
3. Tutoriales.....	pág 6-11.
4. Programa Académico.....	pág 12-16.
5. Resúmenes de las ponencias.....	pág 17-85.
6. Índice de autores.....	pág 86-88.

Presentación del III Congreso Colombiano de Investigación de Operaciones - ASOCIO 2019

La Asociación Colombiana de Investigación Operativa ASOCIO y la Universidad Industrial de Santander se complacen en darles la bienvenida a la tercera edición del Congreso Colombiano de Investigación de Operaciones que en esta oportunidad tendrá lugar en la Universidad Industrial de Santander, en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. En esta nueva edición la agenda académica estará conformada por conferencias magistrales, tutoriales y sesiones de ponencias paralelas.

El congreso contará con las participaciones de dos conferencistas internacionales de Argentina y España respectivamente, quienes se encargarán de dar apertura y cierre al congreso, Guillermo Durán con su conferencia de apertura "15 años de aplicaciones de Sports Analytics en Sudamerica" y Antonio Alonso Ayuso con su conferencia de cierre "Gestión del riesgo en la planificación de explotaciones de recursos naturales: un enfoque desde la programación estocástica". Dichas conferencias ofrecerán a los participantes una mirada a las aplicaciones de la Investigación de Operaciones en el campo de la analítica en deportes y la planificación de explotación de recursos naturales, ambos temas en tendencia a nivel mundial.

Asimismo la agenda incluirá 6 tutoriales con temáticas que prometen en el futuro de la Investigación de Operaciones como las aplicaciones en Sistemas de Salud, el uso de lenguaje AMPL, retos investigativos en Simulación, casos de estudio de Análítica de Datos en la toma de decisiones, el futuro de la programación matemática y los retos de la programación lineal en los negocios.

Las sesiones de ponencias paralelas estarán enmarcadas en 14 temáticas que son tendencia actualmente en el mundo de la investigación de operaciones tales como: Análítica de Datos, Aplicaciones de IO en logística, planeación de la producción, Sistemas de Salud, Heurísticas y Metaheurísticas, Simulación, Inteligencia artificial, Optimización discreta, continua, entre otras. Se presentarán 81 trabajos de investigación que permitirán a los participantes ver el estado y evolución de estas temáticas, así como conocer las instituciones, profesores y estudiantes que se encuentran trabajando actualmente en estas.

Queremos además manifestar nuestro agradecimiento con todos los integrantes del comité del científico y del programa quienes amablemente destinaron parte de su valioso tiempo en la rigurosa revisión de trabajos que serán presentados en el congreso. Por otro lado, agradecer a los miembros de ASOCIO quienes gestionaron la consolidación de este importante espacio bianual que permite fortalecer la Investigación de Operaciones en Colombia y crear redes de colaboración entre quienes a ella dedican su vida. Finalmente agradecer a las empresas vinculadas que apoyan la realización de este congreso y creen firmemente en la importancia de estos espacios para el fortalecimiento de la investigación y su impacto en el desarrollo de nuestro país y sociedad.

Esperamos los participantes puedan disfrutar de la agenda académica que se ha preparado para esta edición del congreso y de los diferentes espacios del campus universitario, en donde conviven, de manera armoniosa, la academia y la naturaleza; finalmente desearles que su visita y estadía en la ciudad de Bucaramanga sea amena y muy enriquecedora.

Mario César Vélez

Presidente de ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA - ASOCIO

Javier Arias Osorio

Presidente del Comité Organizador III Congreso Colombiano de Investigación de Operaciones – ASOCIO 2019

CONFERENCIAS MAGISTRALES

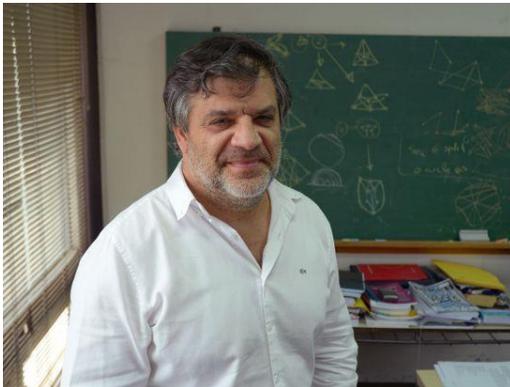
“15 Años de Sports Analytics en Sudamérica”

Jueves 12 de septiembre, 8:30 – 10:00, Auditorio Luis A. Calvo.

Se presentan en esta charla los modelos matemático-computacionales de optimización y estadística implementados en los últimos 15 años por grupos de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad de Chile para la programación de torneos y predicción de resultados deportivos. Fútbol en Chile, Argentina, Ecuador y las Clasificatorias para el Mundial de Rusia 2018; básquet y voley en Argentina, representan los casos de estudio en cuanto a la implementación de modelos de Investigación Operativa para la programación eficiente de torneos. Mundiales de fútbol y básquet y la Superliga Argentina de Fútbol son las instancias analizadas en lo que tiene que ver con la implementación de modelos estadísticos para la predicción de resultados deportivos.

Se presentan los modelos matemáticos, los resultados obtenidos, el impacto alcanzado y las principales dificultades y desafíos académicos pendientes en la resolución de los diferentes problemas.

Biografía:



Nacido el 17 de Julio de 1965. Guillermo Alfredo Durán es Licenciado en Ciencias Matemáticas (Orientación Aplicada) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Es además Doctor en Ciencias de la Computación (Universidad de Buenos Aires). Director del Instituto de Cálculo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, y profesor Asociado del Departamento de Matemática de la Universidad de Buenos Aires. Investigador independiente de CONICET. Sus áreas de investigación son teoría de grafos, optimización combinatoria e investigación operativa.

“Gestión del riesgo en la planificación de explotaciones de recursos naturales: un enfoque desde la programación estocástica”

Viernes 13 de septiembre, 4:00pm – 5:30pm, Auditorio Luis A. Calvo

El objetivo de esta charla es ver cómo la programación estocástica se utiliza como vía para representar la incertidumbre inherente a algunos parámetros del problema. El enfoque utilizado es el análisis de escenarios, en el que la incertidumbre se representa mediante un árbol en el que cada camino desde la raíz a las hojas es un posible escenario. En particular, además de analizar el clásico enfoque neutral al riesgo, en el que se intenta optimizar el valor esperado del objetivo considerado en cada escenario, se analizará el impacto de incluir medidas de riesgo. Estas medidas y su correspondiente minimización proporcionan soluciones que, en promedio, son peores que las que proporcionan el enfoque neutral al riesgo, pero que, sin embargo, mejoran sensiblemente las soluciones en los escenarios más desfavorables. Se presentará un extenso estudio comparativo de distintas estrategias y para ello se utilizarán aplicaciones a la gestión de recursos naturales: explotaciones mineras (decidir la secuencia de exploración de una mina cuando hay incertidumbre en el precio del cobre) y explotaciones forestales (decidir la red logística de acceso a los bosques cuando hay incertidumbre en el precio y la demanda de madera). En la última parte se presentará un novedoso enfoque que permite combinar diversos niveles de decisión (estratégico y táctico), con resultados muy prometedores.

Biografía:



Antonio Alonso Ayuso es Doctor en Ciencias Matemáticas (Universidad Complutense de Madrid, 1997) y actualmente Catedrático de Universidad del área de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) de Madrid (España). Ha desarrollado su investigación en el campo de la Optimización Matemática como disciplina básica en el modelado y resolución de problemas de planificación en logística e ingeniería industrial. Ha participado en más de una decena de proyectos de investigación (en muchos como Investigador Principal, sin interrupción desde 2004). Además, ha dirigido equipos en contratos con empresas como Repsol, GMV, Idom, etc, por importe total de más de 800.000 euros y en actividades de formación en empresas (Ciemat 2002, Idom 2003 y Aesa 2012). Tiene decenas de artículos publicados en revistas internacionales de alto prestigio, la mayoría en las primeras posiciones de los rankings y varios capítulos de

libros en prestigiosas editoriales (Springer, Wiley y Mathematical Programming Society). Tiene casi dos centenares de presentaciones en congresos internacionales y ha impartido conferencias en las universidades de Edimburgo, Chile, Humbolt, Sevilla, Murcia, Politécnica de Barcelona, entre otras. Ha participado activamente en la organización de eventos y conferencias científicas de alto nivel. En concreto, ha sido presidente del comité organizador en Applied Mathematical Modeling 2006, International Workshop in Op. Research 2008, Congreso Nacional de Estadística e IO 2012, Workshop on Combinatorial Op., Routing and Location 2015 y Computational Management Science 2016). En la gestión universitaria, fue seis años director del Dpto de Estadística e IO de la URJC. Entre sus aportaciones científicas, es coautor, junto con Laureano Escudero y Teresa Ortuño, del artículo en el que se propone el método de Ramificación y Acotación Coordinado para la resolución de problemas de programación estocástica entera mixta. Este método (con sus diversas variantes publicadas con posterioridad) ha sido ampliamente utilizado en multitud de trabajos u tesis doctorales.

Tutoriales

Investigación de Operaciones en Sistemas de Salud: Perspectivas y Oportunidades de Trabajo en Colombia

Jueves 12 de septiembre, 2:00pm – 3:10pm, Auditorio Luis A. Calvo

Elena Valentina Gutiérrez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia

elena.gutierrez@udea.edu.co



El énfasis de la investigación de operaciones (IO) y su aplicación para apoyar la toma de decisiones en sistemas de salud, se ha evidenciado en la literatura en décadas recientes en el mundo, y en Colombia. En el segundo congreso de ASOCIO (2017), se ofreció el primer tutorial de aplicaciones de IO en sistemas de salud, y se presentaron 12 trabajos en el área. En el primer congreso de ASOCIO (2015), se presentaron igualmente 12 trabajos con dichas aplicaciones. En este tutorial de ASOCIO (2019), se presentan las perspectivas y oportunidades de trabajo de la IO en sistemas de salud en Colombia. Para ello se hace primero una caracterización de los sistemas de salud en el país, y se identifican los problemas que comúnmente han sido estudiados por investigadores colombianos. Luego, se presentan tres aplicaciones realizadas en Colombia, en las que se evidencia que el uso de la IO permite lograr mejoras en la prestación de servicios de salud en el país. Finalmente, se presentan

las líneas de trabajo y oportunidades de investigación del área en Colombia, en el contexto de las actividades del Grupo de Trabajo de IO en Salud de ASOCIO.

Palabras clave: Sistemas de Salud, Investigación de Operaciones, Gestión de Operaciones, Logística y Cadenas de Abastecimiento, Optimización.

Referencias

ASOCIO (2015). I Congreso de la Asociación Colombiana de Investigación Operaciones, ASOCIO 2015. "*La investigación de operaciones en Colombia: una mirada hacia el futuro en la toma de decisiones*". Programa y libro de resúmenes. Julio 15 y 16 de 2015. Universidad de La Sabana. Chía (Cundinamarca), Colombia. Tomado de: https://docs.wixstatic.com/ugd/099b1e_1f517d1c75014067a7c7248b46459287.pdf. ASOCIO (2017). II Congreso de la Asociación Colombiana de Investigación Operativa, ASOCIO 2017. Programa Final. Agosto 22 y 23 de 2017. Universidad EAFIT. Medellín (Antioquia), Colombia. Tomado de:

https://docs.wixstatic.com/ugd/099b1e_008c7e4d262944668a7a96e0ffad1238.pdf. ASOCIO (2019). III Congreso de la Asociación Colombiana de Investigación Operaciones, ASOCIO 2019.

"*Optimización y desarrollo*". Septiembre 12 y 13 de 2019. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga (Santander), Colombia.

AMPL: un Lenguaje de Programación Matemática para Resolver problemas de Programación Lineal Entera-mixta

Jueves 12 de septiembre, 3:10pm – 4:20pm, Auditorio Luis A. Calvo

Daniel Morillo Torres

Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia

daniel.morillo@javerianacali.edu.co

La optimización, en particular la programación matemática, ha transformado completamente la ingeniería en las últimas décadas. Contribuyendo significativamente en el incremento de la productividad y eficiencia de procesos reales en más de un 30%. Sin embargo, su aplicación no se limita a la industria o la logística, pues los modelos matemáticos son ampliamente utilizados en medicina, biología, economía, entre otros. Como consecuencia, el uso de herramientas de optimización para modelar problemas con miles o millones de variables y restricciones, se ha convertido en una necesidad primordial en ingeniería. En esta disertación, se expone el uso de AMPL (A Mathematical Programming Language), una herramienta para resolver problemas modelados mediante Programación Lineal Entera-Mixta, se discute sus ventajas y características, posteriormente se muestran casos de aplicación con diferentes grados de complejidad, para terminar con problemas a gran escala. Finalmente, se mostrará el uso del servidor NEOS que integra los modelos matemáticos con potentes infraestructuras tecnológicas para la resolución de problemas de optimización.



Paradigmas de Simulación: Retos de Investigación
Jueves 12 de septiembre, 4:50pm – 6:00pm, Auditorio Luis A. Calvo

Yony Fernando Ceballos
Universidad de Antioquia, Colombia,
yony.cebillos@udea.edu.co



La simulación suele verse como una herramienta de último recurso. Sin embargo, la potencialidad de esta se ha incrementado significativamente con la aparición de la analítica de datos. Los modelos de simulación suelen generar una gran cantidad de datos, los cuales deben analizarse de una manera ágil y apropiada evitando problemas de interpretación. Esta situación nos lleva a pensar en dos problemas importantes: 1) ¿De qué forma son analizados los resultados de modelos de simulación?, ¿la forma tradicional es aún apropiada, teniendo en cuenta la cantidad de herramientas de análisis de datos existentes? y 2) La posibilidad de analizar eficazmente los resultados, ¿cambia las condiciones de construcción de modelos (no siendo una restricción la capacidad

computacional)? Estas preguntas configuran un área de investigación que usualmente no es explorada por los usuarios de la herramienta. La necesidad de tener una alta capacidad de abstracción, habilidades en programación avanzada y el uso de los modelos tradicionales suelen ser barreras comunes para incursionar en investigación pura en simulación. Para lograr avances, es necesario que el investigador conozca las herramientas que están de fondo en la analítica de resultados, en conjunto con la especificación de los paradigmas de simulación. Por ejemplo, en problemas asociados a procesos de servicios, el definir a los clientes como agentes homogéneos imposibilita la elaboración de modelos híbridos que, al resolver el problema discreto asociado, simultáneamente generen resultados de la percepción de la calidad del servicio, la evolución en el tiempo de esta percepción y cambios asociados al perfil del cliente. Sin embargo, la adquisición de información para la elaboración de simulaciones a tal nivel de detalle vuelve a entrar en juego la disponibilidad y la analítica de datos de entrada, nuevamente se configura un área de interés investigativo creciente para investigadores en diferentes áreas.

Analítica de Datos para la Toma de Decisiones: Casos de Estudio
Viernes 13 de septiembre, 8:00am – 9:10am, Auditorio Luis A. Calvo

Henry Lamos Diaz

Universidad Industrial de Santander, Colombia

hldamos@uis.edu.co

En la era digital actual, debido al desarrollo del internet y de las tecnologías, el volumen de los datos ha aumentado cada día, y se ha experimentado una tendencia a gestionar tanto esta nueva información como a aprovechar los datos existentes, a partir de procesos y herramientas que apoyen la captura, almacenamiento, integración, pre-procesamiento, procesamiento, y difusión y visualización de la información. Por tanto, se experimentan retos relacionados con las características de los mismos datos, con adecuados y oportunos procesos que conduzcan al descubrimiento de conocimiento pertinente que apoye a los tomadores de decisiones, asimismo se presentan retos de seguridad, calidad, privacidad, inversión y talento humano.



En este sentido, en el proceso de descubrimiento de conocimiento, se destaca la fase de limpieza y exploración de los datos previamente a la adopción de métodos de analítica como minería de datos y aprendizaje automático, que permiten identificar patrones y tendencias o ajustar modelos predictivos para apoyar la comprensión de la información integrada e identificar variables importantes de acuerdo al problema o la necesidad involucrada. También, es importante resaltar el proceso de comunicación de los resultados, mediante la exposición gráfica resumida de la información de acuerdo a la audiencia objetivo, y recopilando datos necesarios e importantes para la comunicación efectiva de este proceso de gestión de datos.

Considerando la importancia de dar a conocer aspectos claves que se involucran en la analítica de datos, se destaca la oportunidad de adoptarla en sectores como salud, agricultura y logística humanitaria. Estas aplicaciones se abordan desde los retos involucrados para la ejecución de un conjunto de actividades integradas, con el propósito de obtener resultados que permitan apoyar la toma de decisiones estratégicas en los diferentes sectores.

El Futuro: Mathematical Programming 4.0
Viernes 13 de septiembre, 9:10 – 10:20, Auditorio Luis A. Calvo

Ing. Jesús María Velásquez Bermúdez, D. Eng
Chief Scientist DecisionWare – DO Analytics
jesus.velasquez@decisionware.net



Visión de la Programación Matemática acorde con el ambiente Industry 4.0:

OPTIMIZACIÓN DE GRAN ESCALA: desarrollo de metodologías matemáticas para resolver problemas acordes con el estado-del-arte de la computación.

1. Metodologías de Gran-Escala para Problemas Específicos: Solución de problemas específicos combinando computadores paralelos state-of-the-art (CPUs, GPUs and Tensor Processors) con metodologías de gran-escala (Benders, Lagrange, ...). Ejemplo: G-SDDP (Generalized Stochastic Dual Dynamic Programming) orientada a modelos dinámico-estocásticos.
2. Optimización Paralela Asíncrona: Atomización (descomposición y partición) de modelos matemáticos para utilizar la computación paralela.
3. Optimización Distribuida en Tiempo Real: Metodologías matemáticas para resolver problemas que corren permanentemente, distribuidos en computadores de

múltiples agentes, en un sistema ciber-físico.

4. Optimización Paralela cómo una Red Neuronal Artificial:

La atomización de modelos matemáticos se asimila a una RNA más inteligente que las convencionales.

METODOLOGÍAS COMPUTACIONALES: uso de metodologías propias de la inteligencia artificial para facilitar el desarrollo de modelos industriales.

1. Modelamiento Matemático Estructurado: Estandarización del modelamiento matemático como un requisito para la socialización, la portabilidad y el rápido crecimiento de la programación matemática.
2. Sistemas Expertos para Optimización: Captura del conocimiento generado durante el modelamiento matemático, y la solución repetida de problemas de una misma familia.
3. Robots Cognitivos: Integración de los anteriores conceptos en robots que a partir de interfases socializadas (MS-Word/Excel/CSV) eliminan los procesos sistemáticos/repetitivos en la implementación de DSSs y en el uso de algoritmos de analítica avanzada.

TECNOLOGÍAS DE OPTIMIZACION: soluciones informáticas acordes con los puntos anteriores

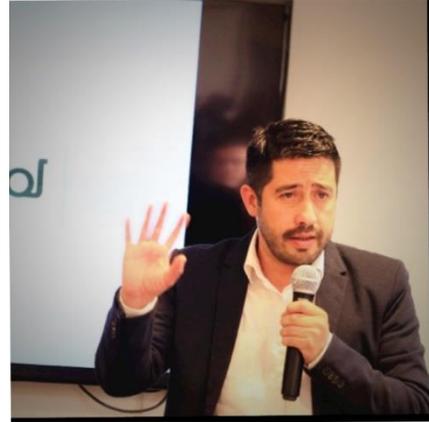
1. OPTEX Optimization Expert System: Robot cognitivo que implementa soluciones basadas lenguajes algebraicos sin realizar labores de programación.
2. SAAM (Stochastic Advanced Analytics Modeling): Robot cognitivo para analítica predictiva desarrollado con OPTEX heredando toda su potencia.
3. Aplicaciones Reales: Modernización de aplicaciones para usuario final. Ejemplo: conversión de modelos S&OP (Sales-&Operations-Planning) en modelos IBP (Integrated-Business-Planning) o EWO (Enterprise-Wide-Optimization).

Investigación de Operaciones de los Modelos en Papel a la Ejecución en Tiempo Real
Viernes 13 de septiembre, 10:50am – 12:00pm, Auditorio Luis A. Calvo

Yohany Jiménez

Gerente de Desarrollo de Nuevos Servicios
LOGYCA
Bogotá, Colombia

Existe una amplia literatura sobre cómo modelar variables y restricciones para tomar decisiones. En la industria y en el día a día, la ejecución en tiempo real de un modelo de toma de decisiones requiere de ajustes que permitan generar decisiones reproducibles y consistentes con la intuición del usuario final. Un usuario final sin conocimiento de optimización no espera que haya opciones infactibles, no acotadas o con valores en variables que no se ajustan a su intuición. El usuario espera que, si el modelo tarda en responder 1 minuto con 100 ciudades, responda en 10 minutos con 1000 ciudades, y que una vez obtenida la solución, no existan mejoras obvias que puedan dar un mejor resultado. Estas y otra serie de características requieren de técnicas adicionales para que los modelos sean empleados para tomar decisiones de impacto de manera consistente y no reflejen solamente abstracciones de sistemas de la industria y de organizaciones en general.



PROGRAMA ACADÉMICO GENERAL

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - CONFERENCIAS		
HORA	LUGAR	DESCRIPCIÓN
7:00 am a 7:45 am	Auditorio Luis A. Calvo	Registro de Participantes
7:45 am a 8:30am		Ceremonia de Inauguración
8:30 am a 10:00 am		Conferencia de Apertura: Prof. Guillermo Durán (Argentina) Título: "15 años de aplicaciones de Sports Analytics en Sudamerica"
10:00am a 10:30am	Receso - Fotografía del Congreso (Entrada principal del Auditorio Luis A. Calvo) - Descanso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)	
10:30am a 12:00am	Auditorio Luis A. Calvo	Panel: Desarrollo de la Investigación de Operaciones en Colombia
Almuerzo libre		

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - PONENCIAS		
Bloque (1) de 10:30am a 12:00am		
Salón 402 Edificio Ingeniería Industrial <i>[Analítica de datos]</i>		
11:30am a 12:00m	2- #584 Aportaciones al control de variables y causas asignables en el mercado bursátil. Una visión desde la aplicación de los gráficos de control <i>Javier Orlando Neira Rueda; Andrés Carrion García</i>	Salón 303 Edificio Ingeniería Industrial <i>[Optimización Discreta y Continua]</i>
11:30am a 12:00m	88- #1106 Modelo de redes neuronales artificiales y metaheurístico para la optimización de funciones continuas de estudio <i>Sonia Alexandra Jaimes Suarez; Luis Francisco López Castro; Ana María Gómez Lámus; Cristian David Cadnia García; Sebastián Mateo Meza Villalba</i>	Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial <i>[Optimización Discreta y Continua]</i>
11:30am a 12:00m	89- #1110 Optimización de la programación de horarios de clases no periódicas <i>Liliana Marcela Palacio Rodríguez; Nelson Ricardo Otero Riaño; David Alejandro Miranda Mercado</i>	Almuerzo libre

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - CONFERENCIAS		
HORA	LUGAR	DESCRIPCIÓN
2:00pm a 3:10pm	Auditorio Luis A. Calvo	Tutorial 1 - Profesora Elena Valentina Gutiérrez Título: "Investigación de Operaciones en Sistemas de Salud: Perspectivas y Oportunidades de Trabajo en Colombia"
3:10pm a 4:20pm		Tutorial 2 - Profesor Daniel Morillo Torres Título: "AMPL: un lenguaje de programación matemática para resolver problemas de programación lineal entera-mixta"
4:20pm a 4:50pm	Receso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)	
4:50pm a 6:00pm	Auditorio Luis A. Calvo	Tutorial 3 - Profesor Yony Fernando Ceballos Título: "Paradigmas de simulación: retos de investigación"

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - PONENCIAS		
Bloque (2) de 2:00 pm a 4:20 pm		
Salón 304 Edificio Ingeniería Industrial <i>[Aplicaciones IO - Distribución y Transporte]</i>		
2:00pm a 2:30pm	9- #509 Consideraciones generales de la vinculación de buses eléctricos en los sistemas de transporte terrestre – resultados de prueba de operación de un bus eléctrico desde Bogotá hasta Pereira <i>Diego Armando Vargas Romero</i>	
2:30pm a 3:00pm	14- #1121 Formulación de un modelo lineal entero flexible para el problema de rostering de conductores de bus <i>Kenny Cárdenas Parra; César Augusto Marín Moreno; Rubén Iván Bolaños; Luis Miguel Escobar Falcón; Mauricio Granada Echeverri</i>	
3:20pm a 3:50pm	11- #1039 P-median modificado con restricciones de tipo por generación de columnas <i>César Camilo Rojas Morales; Ciro Alberto Amaya Guio</i>	
3:50pm a 4:20pm	12- #1079 Un modelo multi-periodo del hub location capacitado aplicado al transporte multi-modal de carga en Chile <i>Alan Rodolfo Osorio Moral; Francisco Javier Núñez Cerda</i>	
Bloque (2) de 2:00 pm a 4:20 pm		
Salón 402 Edificio Ingeniería Industrial <i>[Analítica de datos]</i>		
2:00pm a 2:30pm	5- #1072 Evaluación de la eficiencia relativa en la producción de café en Huila, Colombia, utilizando análisis envolvente de datos <i>Ana María Castillo Pastrana; Carlos Andrés Arango Londoño; Wilson Alexander Pinzón Rueda</i>	
2:30pm a 3:00pm	6- #1087 Expansión empírica a la ley de little: carga y flujo laboral <i>Carol Paola Escobar Cadena; Carlos Andrés Arango Londoño; Wilson Alexander Pinzón Rueda</i>	
3:20pm a 3:50pm	7- # 1089 selección de variables y forma funcional usando análisis envolvente de datos <i>Carol Paola Escobar Cadena; Carlos Andrés Arango Londoño; Wilson Alexander Pinzón Rueda</i>	
3:50pm a 4:20pm	8- #1090 Planeación estratégica en el servicio de justicia usando análisis envolvente de datos <i>Ana María Castillo Pastrana; Carlos Andrés Arango Londoño; Wilson Alexander Pinzón Rueda</i>	

Continuación...

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - PONENCIAS	
Bloque (2) de 2:00 pm a 4:20 pm	
Salón 206 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Logística Humanitaria] [Simulación - Dinámica de Sistemas] [Inteligencia artificial]	
2:00pm a 2:30pm	20- #1150 Algoritmo genético para la asignación de víctimas de desastres considerando probabilidades de supervivencia en Bucaramanga <i>Ibeth Yasney Amaya Rueda; Julián Andrés Gómez Sánchez; Karin Julieth Aguilar Imitola</i>
2:30pm a 3:00pm	110- #297 evaluación de políticas para la autogestión de la electricidad en el sector comercial no regulado en Colombia: caso supermercados <i>Nathalie Ramírez Giraldo; Carlos Jaime Franco; Laura Milena Cárdenas Ardila</i>
3:20pm a 3:50pm	
3:50pm a 4:20pm	70- #1141 evaluación de los efectos de la calidad y fertilidad de los suelos sobre sistemas agroforestales con café (coffea arabica var. Castillo) <i>Deisy Carolina Lozano Suárez; Sandra Milena Diaz López; Rubén Carvajal Caballero; Lina Mayerly Lozano Suárez</i>
Salón 201 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Planeación de la producción] [Aplicaciones IO - Optimización Discreta (Otras)]	
2:00pm a 2:30pm	37- #968 Selección multicriterio de distribución de plantas empleando topsis y análisis de robustez en la selección mediante condorcet <i>Vivian Lorena Chud Pantoja; Juan Pablo Orejuela Cabrera</i>
2:30pm a 3:00pm	38- #1063 optimización de la secuenciación de la producción para el proceso de tostión en una empresa industrializadora de café tostado <i>Joaquín Giraldo Hoyos; Pablo Andrés Maya Duque</i>
3:20pm a 3:50pm	39- #1095 modelo de programación entera mixta para la planeación de la producción de una planta de valorización de residuos en bessières francia <i>Eliana Catalina Angarita Ustate; Paula Sofía Castro Acevedo; Natalia Ximena Martínez Pulido; Erika Yicet Molano Bolívar</i>
3:50pm a 4:20pm	43- # 1163 pronóstico y planificación de inventarios con tamaños de lote por periodos según EOQ y programación entera mixta. Caso de estudio, inversiones dean. <i>Guillermo Andrés Duarte Suárez; Jersson Steven Castillo Romero; Julián Felipe Moreno Guzmán</i>
Salón 306 Edificio Ingeniería Industrial [Heurísticas y Metaheurísticas]	
2:00pm a 2:30pm	52- #257 optimización por enjambre de partículas de convergencia garantizada (GCP SO) de la sección transversal en el centro de luz de un puente viga cajón construido en Colombia <i>Luis Francisco Rincón Prada; Oscar Javier Begambre Carrillo; Francisco Javier Ortiz</i>
2:30pm a 3:00pm	59- #1094 un nuevo algoritmo genético para resolver el problema de flexible Job Shop <i>Sebastián Mateo Meza Villalba; Carlos Rodrigo Ruiz Cruz</i>
3:20pm a 3:50pm	64- #1142 algoritmo genético para el problema de flowshop distribuido y permutado con etapa de ensamble considerando tiempos de alistamiento dependientes de la secuencia, y fábricas heterogéneas <i>Silvia Juliana Dagovett Cala; Susana Prada Avellaneda; Edwin Alberto Garavito Hernández; Laura Yeraldin Escobar Rodríguez</i>
3:50pm a 4:20pm	61- #1119 algoritmo genético para el problema de enrutamiento de vehículos con flota heterogénea considerando consumo de combustible y restricciones de carga bidimensional <i>David Álvarez Martínez; Luis Miguel Escobar Falcón; John Willmer Escobar ; Mauricio Granada Echeverri</i>
Salón 303 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua] [Simulación]	
2:00pm a 2:30pm	#1074 Sparse Portfolios for High-Dimensional Financial Index Tracking <i>Javier Alexi Chacón Suárez; Tatiana Gelvez; Henry Arguello</i>
2:30pm a 3:00pm	82- #1017 Branch-and-price para el problema de asignación de vehículos <i>César Darío Álvarez Cruz; Reinaldo Morabito Neto</i>
3:20pm a 3:50pm	104- #1053 Análisis de un proceso de producción textil usando el entorno de simulación <i>Daniela Vera Alzate; Ronald Akerman Ortiz García</i>
3:50pm a 4:20pm	107- #1093 Análisis de la producción de snacks usando simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín <i>Mauren Selene Ramirez; Ronald Akerman Ortiz García; Santiago Castro Espinosa; Manuel Zapata Jaramillo</i>
Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]	
2:00pm a 2:30pm	85- #1062 Un modelo de programación lineal entera mixta para el problema de formación de celdas de manufactura dinámicas <i>Laura Yeraldin Escobar Rodríguez; Edwin Alberto Garavito Hernández; Leonardo Hernán Talero Sarmiento</i>
2:30pm a 3:00pm	
3:20pm a 3:50pm	77- #341 Valoración del impacto de la generación distribuida en el planeamiento de la expansión de la transmisión <i>Sergio Danilo Saldarriaga Zuluaga; Jesús María López Lezama; Nicolás Muñoz Galeano</i>
3:50pm a 4:20pm	79- #427 Estrategias para reducir los tiempos de cómputo en el despacho económico multiperiodo considerando restricciones de seguridad n- 1 y la incertidumbre de fuentes renovables intermitentes <i>Cristian Camilo Marin Cano; Juan Esteban Sierra Aguilar; Álvaro Jaramillo Duque</i>
4:20pm a 4:50pm	Receso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)
JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - PONENCIAS	
Bloque (3) de 4:50 pm a 5:50 pm	
Salón 304 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Distribución y Transporte]	
4:50pm a 5:20pm	15- #1123 Diseño robusto del sistema logístico de acopio y refrigeración de leche mediante análisis de las compensaciones entre emisiones de co2 y valor presente neto <i>Andrés Polo Roa; Dairo Steven Muñoz Pinzón; Diana Carolina Castillo González; María Alejandra Perilla Bilbao</i>
5:20pm a 5:50pm	16- #1127 Modelo de optimización de generación de turnos de trabajo para agendamiento de operación de sistemas de transporte masivo <i>Daniel Esteban Cortés Forero; César Augusto Marin Moreno; Rubén Iván Bolaños; Luis Miguel Escobar Falcón; Kenny Cárdenas Parra; David Álvarez Martínez</i>

...Continuación...

JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - PONENCIAS	
Bloque (3) de 4:50 pm a 5:50 pm	
Salón 402 Edificio Ingeniería Industrial [Formación en IO]	
4:50pm a 5:20pm	50- #803 Aprendiendo investigación de operaciones: una propuesta multiplataforma <i>Juan David Carvajal Hernández; Alejandro Bravo López; Juan Esteban Gallo Plaza; Christian David Flor Astudillo; Andrés Felipe Osorio Muriel; Juan Manuel Reyes García; Andrés Alberto Aristizábal Pinzón</i>
5:20pm a 5:50pm	51- #974 SIMPOD: una herramienta interactiva para el aprendizaje del método simplex <i>Claudia Johana Agudelo Arango; Andrea Mendoza Cruz; Daniela Llano Lozano; Luis Fernando Muñoz Morales; Andrés Felipe Osorio Muriel; Juan Manuel Reyes García; Andrés Alberto Aristizábal Pinzón</i>
Salón 206 Edificio Ingeniería Industrial [Inteligencia Artificial]	
4:50pm a 5:20pm	69- #1097 Modelo de redes neuronales en la selección de materiales compostables como sustitutos al polietileno pelbd (Ildpe) <i>Steven Hernando Vargas Riaño</i>
5:20pm a 5:50pm	71- #1161 Diseño y desarrollo de una red neuronal tipo perceptrón simple en excel para la clasificación y selección de proveedores en las tiendas de conveniencia de Yuriria, Guanajuato <i>Iván Andrés Acevedo Arcila; Roberto Baeza Serrato</i>
Salón 201 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Optimización Discreta (Otras)]	
4:50pm a 5:20pm	29- #313 Optimización estocástica aplicada a problemas de inversión en instituciones de educación superior en el mercado de capitales colombiano <i>Adriana María Santa Alvarado; Juan Sebastián Arias Hernández; Wilson Arenas</i>
5:20pm a 5:50pm	34- #1111 Diseño de la cadena de suministro para productores hortícolas de Cajicá a partir de un análisis de robustez <i>Dairo Steven Muñoz Pinzón; Mónica Alejandra Jiménez Méndez; Andrés Polo Roa</i>
Salón 306 Edificio Ingeniería Industrial [Heurísticas y Metaheurísticas]	
4:50pm a 5:20pm	60- #1105 Diseño de un algoritmo híbrido genético para el problema de programación de proyectos con restricción de recursos (RCPSp) <i>Wilmer Buitrago Duarte; Enrique Romero Gualdrón; Carlos Eduardo Díaz Bohórquez; Lina Mayerly Lozano Suarez</i>
5:20pm a 5:50pm	62- #1135 Un algoritmo híbrido genético para la solución del Job shop minimizando el makespan <i>Lina Mayerly Lozano Suárez; Fabián Alexander Torres Cárdenas; Carlos Eduardo Díaz Bohórquez</i>
Salón 303 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]	
4:50pm a 5:20pm	86- #1080 Subasta inversa de oferta sellada para logística humanitaria bajo incertidumbre <i>Diana Carolina Guzmán Cortés; Jean François Cordeau; Marie Ève Rancourt; Camilo Ortíz Astorquiza; William Javier Guerrero Rueda</i>
5:20pm a 5:50pm	84- #1047 Gestión de inventarios en logística humanitaria en la etapa post-desastre: una revisión <i>Victor Alfonso Sanabria Ruiz; Henry Lamos Diaz</i>
Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]	
4:50pm a 5:20pm	83- #1031 Cadena de suministro hospitalaria desde un enfoque lean <i>Erika Tatiana Ruiz Orjuela; Wilson Adarme Jaimes</i>
5:20pm a 5:50pm	
6:00pm a 7:00pm	Asamblea ASOCIO – Auditorio Daccarett Edificio de Ingeniería Industrial

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - CONFERENCIAS		
HORA	LUGAR	DESCRIPCIÓN
8:00am a 9:10am	Auditorio Luis A. Calvo	Tutorial 4 - Prof. Henry Lamos Díaz Título: "Análítica de datos para la toma de decisiones: casos de estudio"
9:10am a 10:20am		Tutorial 5 - Jesús Velásquez Título: "El futuro de la programación matemática"
10:20am a 10:50am	Receso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)	
10:50am a 12:00m	Auditorio Luis A. Calvo	Tutorial 6 - Jorge García Castillo Título: "De los modelos en papel a la ejecución en tiempo real"
Almuerzo libre		

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - PONENCIAS	
Bloque (4) de 8:00am a 10:20am	
Salón 304 Edificio Ingeniería Industrial [Ruteo de Vehículos]	
8:00am a 8:30am	96- #402 Formulación de un modelo general de programación matemática para una clase de problemas de distribución y ruteo de vehículos <i>María Gulnara Baldoquín de la Peña</i>
8:30 am a 9:00 am	99- #1036 Problemas de localización ruteo competitivos: modelación y método de solución <i>Juan Pablo Fernández Gutiérrez; Juan Guillermo Villegas</i>
9:20 am a 9:50 am	95- #326 Modelo de distribución de valores con restricciones de seguridad <i>Cristian David Martínez Agaton; William Javier Guerrero Rueda; Angélica Sarmiento Lepesqueur</i>
9:50 am a 10:20 am	100- #1109 Problema de ruteo periódico con sincronización: modelación y comparación de estrategias <i>Sebastián Felipe Castellanos; Andrés Gómez González; Juan Carlos Rivera Agudelo; Juan Guillermo Villegas;</i>

...Continuación ...

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - PONENCIAS	
---	--

Bloque (4) de 8:00am a 10:20am	
Salón 402 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Logística Urbana]	
8:00am a 8:30am	25- #1058 Análisis de la incorporación de ceniza de cascariilla de arroz como material cementante suplementario en la fabricación de concreto mediante un modelo de programación entera mixta <i>Raquel Pérez Blair; German A. Álvarez; Leyla Yamile Jaramillo; Juan Guillermo Villegas</i>
8:30 am a 9:00 am	21- #432 Aplicación del modelo p de inventarios a una cadena de frío en la industria alimentaria <i>Luis Fernando Ospino León; Angie Paola Caicedo Manrique</i>
9:20 am a 9:50 am	23- #1027 Evaluación de la efectividad de un impuesto al carbono en una cadena de suministro de cemento <i>Nora Cadavid Giraldo; Mario César Vélez Gallego</i>
9:50 am a 10:20 am	27- #1099 Modelo matemático para mejorar la caminabilidad del centro de Bogotá, a partir de la reubicación o el ajuste del diseño del mobiliario urbano <i>Lina María Avendaño Paloma; Jaiinet Orlando Bernal Orozco</i>
Salón 206 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Sistemas en salud]	
8:00am a 8:30am	46- #1102 Prototipo de soporte a decisiones logísticas de ruteo en atención médica domiciliaria: aplicación en el Valle de Aburrá, Colombia <i>Jorge Iván Manrique Pulido; Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez</i>
8:30 am a 9:00 am	47- #1104 Caracterización de los procesos de integración institucional para la planeación y operación de redes rurales de atención en salud materno perinatal en Cundinamarca <i>Manuel Angel Camacho Oliveros</i>
9:20 am a 9:50 am	
9:50 am a 10:20 am	44- #390 Diseño y evaluación de políticas de re-optimización para equipos médicos en el cuidado a la salud domiciliaria <i>Julián Alberto Espejo Díaz; Eduyn Ramiro López Santana; William Javier Guerrero Rueda</i>
Salón 201 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Optimización Discreta (Otras)]	
7:30 am a 8:00 am	Reunión Capítulo de Investigación de Operaciones en Salud
8:00am a 8:30am	33- #1068 Estrategia de flexibilidad híbrida laboral en la programación de personal: caso aplicado a la industria retail <i>Andrés Felipe Porto; César Augusto Henao Botero; Héctor López Ospina; Esneyder Rafael González</i>
8:30 am a 9:00 am	30- #572 Modelo de gestión de inventarios en una microempresa distribuidora de alimentos para animales <i>Diego León Peña Orozco; Mauro Steban Garcia Largo; Juan Diego Plaza Cano</i>
9:20 am a 9:50 am	32- #1064 La distribución del ingreso con el uso del contrato de rebates en una cadena de abastecimiento multi eslabón de pequeños productores frutícolas <i>Esteban Garzón Sánchez; Estefanía Toro Morales; Diego León Peña Orozco; Leonardo Rivera Cadavid</i>
9:50 am a 10:20 am	36- #1133 Asignación de viviendas en el municipio de gramalote, Norte de Santander: modelo de programación entera binaria y realidad <i>Angélica Sarmiento Lepesqueur; Henry Alexander Leal Moreno; María Lepesqueur Gossain</i>
Salón 306 Edificio Ingeniería Industrial [Heurísticas y Metaheurísticas]	
8:00am a 8:30am	55- #373 Implementación de un heurístico para minimizar el desperdicio del corte de barras de acero por medio de un procedimiento almacenado del motor de bases de datos MYSQL <i>Ricardo Heladio Parra Góngora; José Alcides Romero Martínez</i>
8:30 am a 9:00 am	56- #1016 Revisión de modelos de máxima cobertura para la localización de estaciones de bomberos <i>Daniel Orlando Martínez Quezada; Andrea Carolina Sierra Hernández; Nayla Yessenia Sanabria Lozada</i>
9:20 am a 9:50 am	57- #1040 Evaluación de metaheurísticas para calibrar el modelo de microsimulación: transmodeler. <i>Juan Sebastián Arias Hernández</i>
9:50 am a 10:20 am	58- #1042 Un squirrel search algorithm discreto aplicado al problema Job Shop con operadores calificados <i>César Andrés López Martínez; Helman Enrique Hernández Riaño</i>
Salón 303 Edificio Ingeniería Industrial [Simulación]	
8:00am a 8:30am	103- #1019 Simulación mediante autómatas celulares en 3d para predecir el crecimiento vertical de la ciudad de Medellín: una aproximación <i>Julián Andrés Castillo Grisales; Yony Fernando Ceballos</i>
8:30 am a 9:00 am	106- #1092 Simulación de una política de inventario r, s en una empresa comercializadora de artículos ferreteros <i>Andrés Mauricio Paredes Rodríguez; Julián Andrés Arias Sánchez; Juan José Bravo Bastidas</i>
9:20 am a 9:50 am	108- #1100 Aplicación de las líneas de espera en un centro de pagos localizado en un centro comercial de la ciudad Bucaramanga <i>Sebastián García Méndez; Robert Fabián Mendoza Vega; Mayda Liceth Vollmuth García; Juan Camilo Gutiérrez</i>
9:50 am a 10:20 am	109- #1157 Aplicación de un modelo de simulación de eventos discretos a los procesos de corte y siembra en una empresa dedicada a la floricultura <i>Carmenza Osorio Gutiérrez; Ronald Akerman Ortiz García; Johan Stiven Ramírez Salazar; Anyi Paola Baza Pineda</i>
VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - PONENCIAS	
Bloque (4) de 8:00am a 10:20am	
Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]	
8:00am a 8:30am	81- #1011 ¿cómo la investigación de operaciones puede ayudar a afrontar los retos que impone en la cadena de suministros la implementación de la estrategia de producto como servicio (PAAS) en el contexto de la economía circular? <i>Betzy Julianny Cárdenas Ibáñez; Pablo Andrés Maya Duque</i>
8:30 am a 9:00 am	72- #256 Algoritmo de descomposición para el problema combinado de planificación de personal, ruteo de vehículos y manejo de inventarios <i>Carlos Alberto Franco Franco; Eduyn Ramiro López Santana</i>
9:20 am a 9:50 am	91- #1146 Solución del modelo implícito de un generador fotovoltaico mediante algoritmos de optimización global <i>Luis Miguel Pérez Archila; Juan David Bastidas Rodríguez; Carlos Rodrigo Correa Cely</i>
9:50 am a 10:20 am	92- #1165 Modelos de programación lineal entera mixta para el problema de reposicionamiento de bicicletas <i>Juan David Palacio Domínguez; Juan Carlos Rivera Agudelo</i>
Continuación...	
10:20am a 10:50am	Receso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA MAÑANA) - PONENCIAS		
Bloque (5) de 10:50am a 12:00m		
Salón 304 Edificio Ingeniería Industrial [Ruteo de Vehículos]		
10:50am a 11:20am	94- #289 Solución al problema de localización y ruteo de vehículos de dos escalones con limitaciones de capacidad y flota heterogénea utilizando el algoritmo genético <i>Andrés Guillermo Angarita Monroy; Karin Julieth Aguilar Imitola</i>	
11:20am a 11:50 am	98- #1013 Solución de un problema de ruteo multidepósito con flota heterogénea usando generación de columnas <i>Alejandro Arenas Vasco; Elena Fernández Aréizaga; Jessica Rodríguez Pereira</i>	
Salón 402 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Logística Urbana]		
10:50 am a 11:20 am	28- #1159 Investigación de operaciones en sostenibilidad y sustentabilidad de sistemas agroecológicos <i>Gloria Milena Osorio Osorio; Stefania Mosquera Franco; Luz Danelly Lucumi Ortiz; Harvy Santiago Herrera Viveros; Juan Camilo Jaramillo Restrepo; Jhon Dairon Quiñones Padilla</i>	
11:20 am a 11:50 am	26- #1073 ¿Cómo abordar desde la logística la investigación de las operaciones necesarias para afrontar los retos que impone la implementación de las políticas de responsabilidad extendida al productor (REP) <i>Aura Cristina Mosquera Romaña; Pablo Andrés Maya Duque</i>	
Salón 206 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Sistemas en salud] [Heurísticas y Metaheurísticas]		
10:50 am a 11:20 am	65- #1144 Eficiencia energética un nuevo enfoque en la optimización de la programación de la producción <i>Camila Andrea Toro Correa; Fabián Alexander Torres Cárdenas; Carlos Eduardo Díaz Bohórquez</i>	
11:20 am a 11:50 am	45- #1065 desarrollo de un sistema de información para el apoyo a la gestión, el seguimiento individual y la evaluación de la dinámica cardiaca en adultos con hipertensión, a partir de una metodología fundamentada en la entropía proporcional <i>Diego Mauricio Riaño Rodríguez; Fredy Angarita Reina; Pedro Alberto Arias Quintero; Elveny Laguado Jaimes; Magda Liliana Villamizar Osorio; Catalina Correa; Javier Rodríguez Velásquez; Carlos Morales Pertuz; Frank Pernet</i>	
Salón 201 Edificio Ingeniería Industrial [Aplicaciones IO - Optimización Discreta (Otras)]		
10:50 am a 11:20 am	31- #1056 Enterprise wide optimization - integrated financial & industrial operations planning <i>Jesús María Velásquez Bermúdez</i>	
11:20 am a 11:50 am	35- #1118 Estudio para la localización de centros de acopio de llantas usadas en el contexto urbano, en la ciudad de Ibagué. <i>María Alejandra Giraldo Rondón; Iveth Daniela Gutiérrez Suárez; Jorge Enrique González Lastra; Andrés Alberto García León</i>	
Salón 306 Edificio Ingeniería Industrial [Heurísticas y Metaheurísticas]		
10:50 am a 11:20 am	54- #370 Aplicación de recocido simulado al problema de optimización de rutas de mantenimiento para vehículos sujetos a fallas <i>Eduyn Ramiro López Santana; Carlos Alberto Franco Franco; German Méndez Giraldo</i>	
11:20 am a 11:50 am	#1023 Ubicación óptima de generación distribuida mediante índices nodales ponderados de alivio de carga en transmisión usando PSO <i>Jesús María López Lezama; Juan Esteban Sierra Aguilar; Alvaro Jaramillo Duque</i>	
Salón 303 Edificio Ingeniería Industrial [Simulación] [Aplicaciones IO - Logística Hospitalaria]		
10:50 am a 11:20 am	102- #953 Modelo para la evaluación del impacto de las modificaciones de la estructura curricular en la eficiencia de un programa académico <i>Juan Diego Vélez Vargas; Yony Fernando Ceballos; Laura Milena Cárdenas Ardila</i>	
11:20 am a 11:50 am		
Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]		
10:50 am a 11:20 am	93- #1168 Aplicación del método fuzzy topsis para definir la macro-localización de una base científica temporaria en la Antártida <i>Jairo R. Coronado Hernández; Wilson Andrés Ríos; Javier Baron Villamizar; Diana Urrego Niño</i>	
11:20 am a 11:50 am		
Almuerzo libre		

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - CONFERENCIAS		
HORA	LUGAR	DESCRIPCIÓN
2:00pm a 3:30pm	Auditorio Luis A. Calvo	Charla ASOCIO - Capítulo de Investigación de Operaciones en Salud
3:30pm a 4:00pm		Receso (En la plazoleta del Auditorio Luis A. Calvo)
4:00pm a 5:30pm	Auditorio Luis A. Calvo	Conferencia de Cierre: Prof. Antonio Alonso Ayuso (España) Título: "Gestión del riesgo en la planificación de explotaciones de recursos naturales: un enfoque desde la programación estocástica"
5:30pm a 6:00pm		Cierre del Congreso

VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE (JORNADA TARDE) - PONENCIAS		
Bloque de 2:00pm a 3:30pm		
Salón 301 Edificio Ingeniería Industrial [Optimización Discreta y Continua]		
2:00 pm a 2:30 pm		
2:30 pm a 3:00 pm		
3:00 pm a 3:30 pm		73- #279 Formulación de un modelo de optimización lineal para la programación de clases en una institución de educación superior colombiana <i>Daniella Cobo Vargas; Julián Andrés Osorio Arcila; Carlos Alberto Rojas Trejos; Julián González Velasco</i>

RESÚMENES DE LAS PONENCIAS

Palabras clave: Mercado de valores, Gráficos de

1. ANALÍTICA DE DATOS

--- --
**1-#584 APORTACIONES AL CONTROL DE
VARIABLES
Y CAUSAS ASIGNABLES EN EL MERCADO
BURSÁTIL.
UNA VISIÓN DESDE LA APLICACIÓN DE LOS
GRÁFICOS DE CONTROL**

Javier Neira Rueda

*Departamento de Estadística y Optimización,
Universitat Politècnica de València, España,
janeirue@alumni.upv.es*

Andrés Carrion García

Universitat Politècnica de València, España,

Resumen

Numerosos autores han tratado en libros y publicaciones, la utilización de técnicas con el objeto de estimar variables e indicadores bursátiles; se destacan: (Gallagher J., 2019), (Nunan D., 2018), (Engle R., 2013), (Larrain Borja, 2010), entre otros. Así mismo, controlar factores macro y microeconómicos que impacten variables de interés, hace parte de un área indispensable para comprender la dinámica del mercado en el área geográfica de una compañía. Es por esto, que crear modelos de predicción y estudiar el comportamiento de dichas variables a través de técnicas estadísticas es el objetivo de numerosos inversores corporativos. La presente investigación aporta una mejor perspectiva de los índices bursátiles por medio de los gráficos de control estadístico; normalizando los indicadores bursátiles y asignando las causas de su variabilidad.

Para construir estos gráficos de control, se analizarán los registros históricos de variables previamente definidas, y se hace una descripción de su comportamiento. Ello busca definir las variables más importantes y justificar el comportamiento de dichos valores por medio de factores económicos. Se extraen conclusiones referentes a la investigación, que permiten hacer más fácil y sostenible la toma de decisiones argumentadas en herramientas científicas, reduciendo la incertidumbre.

Referencias

- Engle R., G. E. (30 de July de 2013). Stock Market Volatility and Macroeconomic Fundamentals. *The MIT Press Journals*, 95, 776-797. Obtenido de https://doi.org/10.1162/REST_a_00300
- Gallagher J., S. C. (2019). Market basket applications on short web links. *International Journal of Market Research*.
- Larrain Borja. (10 de November de 2010). Stock Market Development and Cross-Country Differences in Relative Prices. *The MIT Press Journals*, 92, 784-797. Obtenido de https://doi.org/10.1162/REST_a_00030
- Nunan D., D. D. (9 de October de 2018). Rethinking the market research curriculum. *International Journal of Market Research*, 61, 22-32.

--- --
**2- #1072 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA
RELATIVA EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN
HUILA, COLOMBIA, UTILIZANDO ANÁLISIS
ENVOLVENTE DE DATOS**

Ana María Castillo Pastrana

*Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La
Salle, Colombia, acastillo89@unisalle.edu.co*

Carlos Andrés Arango Londoño

*Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La
Salle, Colombia, cararango@unisalle.edu.co*

Wilson Alexander Pinzón Rueda

*Programa de Ingeniería Industrial, Universidad
Distrital, Colombia,
wapinzon@udistrital.edu.co*

Resumen

El presente trabajo utiliza Análisis Envolvente de Datos, DEA, para evaluar la eficiencia relativa de los cultivos de café en los municipios del departamento del Huila (Coll & Blasco, 2006).

El café es y ha sido vital para la economía colombiana (Perdomo & Mendieta, 2007), puesto que, impacta significativamente en indicadores como empleo,

exportaciones, valor de la producción y costo de oportunidad de la caficultura (Muñoz, 2014). El estudio se motiva en que, la crisis en este sector ha afectado el tamaño de los predios cafeteros (Rettberg, Leiteritz, Nasi, & Prieto, 2018), generando la fragmentación y disminución de la tierra dedicada al cultivo del grano (Guhl, 2004). Se seleccionó el departamento del Huila, dado que, este disminuyó su productividad en un 22% en el 2017 con respecto al año 2016 (FNC, 2017), y es el primer productor de café a nivel nacional y el primero en cafés diferenciados, llegando a cosechar 2.560.000 sacos en el año 2017, representando el 18% de toda la producción nacional, y de los cuales se exportó el 90% (FNC, 2017).

Por tanto, primero se revisa la bibliografía asociada a la evaluación de la eficiencia de cultivos con diferentes modelos de DEA y variables utilizadas en su ejecución. Luego, se identifican los municipios a evaluar, y variables finales a emplear, y, se establecen los modelos de DEA apropiados a ejecutar (Cooper, Seiford, & Tone, 2000). Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos de los modelos, en donde se espera proponer mejoras potenciales a los municipios catalogados como ineficientes.

Como variables de entrada se pueden incluir al estudio se encuentran la temperatura, precipitación, altura, propiedades del suelo, vías de acceso y área sembrada; y, como variables de salida área cosechada y producción (Arango, 2000).

Palabras clave

Análisis Envolvente de Datos (DEA), agroindustria, café, análisis de eficiencia.

Referencias

Arango, G. (2000). *Estructura Económica Colombiana*. Bogotá D.C.: Nomos S.A.

Coll, W., & Blasco, O. (2006). *Evaluación de la Eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos. Introducción a los modelos básicos*. Valencia: Universidad de Valencia.

Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis. A comprehensive text, with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. New York: Kluwer Academic Publishers Group.

FNC. (2017). *El Comportamiento de la Industria Cafetera Colombia, año 2017*. Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros.

Guhl, A. (2004). *Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana 1970-1997*. Bogotá, D.C.: Ensayos sobre la Economía Cafetera. Federación Nacional de Cafeteros. Organización Internacional de Café.

Muñoz, L. G. (2014). *Caficultura Sostenible, Moderna Y Competitiva*. Bogotá, D.C.: Ensayos sobre Economía Cafetera. Federación Nacional de Cafeteros.

Perdomo, J., & Mendieta, J. (2007). Factores que afectan la eficiencia Técnica en el sector Cafetero Colombiano: Una aplicación con Análisis Envolvente de Datos. *Desarrollo y Sociedad* (60), 3-45. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35842007000200002&lng=en&nrm=iso>

Rettberg, A., Leiteritz, R., Nasi, C., & Prieto, J. (2018). *¿Diferentes recursos, conflictos distintos? La economía política regional del conflicto armado y la Criminalidad en Colombia*. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes. doi:10.30778/2018.05

-- -- --

3- #1087 EXPANSIÓN EMPÍRICA A LA LEY DE LITTLE: CARGA Y FLUJO LABORAL

Carol Paola Escobar Cadena

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, cescobar33@unisalle.edu.co

Carlos Andrés Arango Londoño

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, cararango@unisalle.edu.co

Wilson Alexander Pinzón Rueda

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Distrital, Colombia, wapinzon@udistrital.edu.co

Resumen

La Ley de Little vincula tres medidas del flujo en los sistemas socio técnicos: el inventario, las tasas de entrada y salida y el tiempo de ciclo o de permanencia en el sistema (Dimyadi, Bookman, Harvey, & Amor, 2019). Desde allí se derivan diferentes modelos que fundamentan la teoría de colas desde diferentes supuestos.

Dado que en tales sistemas socio técnicos fluyen diferentes factores como dinero, equipos, conocimiento, no para todos los flujos de estos factores se cumplen con los supuestos de los modelos de colas: su tasa de salida sea menor que su tasa de entrada; por ejemplo en el aspecto financiero para retener dinero

y construir riqueza se requiere disponer de mayores entradas monetarias que salidas, esto en empresas industriales las cuales buscan el enriquecimiento (Ordóñez, y otros, 2016), parece que tales modelos no pueden emplearse en este tipo de aspectos y situaciones: la construcción de riqueza (Olaya, Gómez, & Navarrete, 2018).

Sin embargo, los modelos e indicadores son muy comunes en la gestión industrial del sector real (Olaya C. 2010). Este trabajo presenta una aproximación empírica para adaptar el uso de la Ley de Little para sistemas que buscan el enriquecimiento financiero (Galvis, González, & Vera, 2012); también se identifican las medidas de desempeño y las de carga laboral con dos ejemplos.

Palabras clave

Ley de Little, flujo, carga, sistema.

Referencias

- Dimyadi, J., Bookman, S., Harvey, D., & Amor, R. (15 de Marzo de 2019). Maintainable process model driven online legal expert systems. *Artificial Intelligence and Law*, 27(1), 93-111. doi:10.1007/s10506-018-9231-3
- Galvis, E., González, M., & Vera, P. (2012). Map of the justice offer in Colombia: a practical case of web information systems for citizen. *Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and information Systems, EATIS*, Conference Paper.
- Olaya, C. (2010). Model-based lawmaking and the curious case of the Colombian criminal. *Kybernetes*, 39(9), 1678-1700. doi:10.1108/03684921011081231
- Olaya, C., Gómez, J., & Navarrete, A. (2018). Crime and punishment as a social system: the case of prison overcrowding. *Kybernetes*, 47(2), 239-391. doi:10.1108/K-05-2017-0190
- Ordóñez, A., Belalcazar, D., Calambas, M., Chacón, A., Ordóñez, H., & Cobos, C. (23-28 de octubre de 2016). Indexing and searching of judicial precedents using automatic summarizations. *Lecture Notes in Computer Science*, 116-126. doi:10.1007/978-3-319-62434-1_10

-- --

4- # 1089 SELECCIÓN DE VARIABLES Y FORMA FUNCIONAL USANDO ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Carol Paola Escobar Cadena

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, cescobar33@unisalle.edu.co

Carlos Andrés Arango Londoño

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, cararango@unisalle.edu.co

Wilson Alexander Pinzón Rueda

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Distrital, Colombia, wapinzon@udistrital.edu.co

Resumen

Los modelos DEA, Data Envelopment Analysis, combinan diferentes tipos de variables para obtener una comparación relativa de la eficiencia de un objeto frente a otros (Cooper, Seiford, & Tone, 2000). Sin embargo, poco se dice acerca de los métodos y procedimientos para la selección de variables a ser incluidas o eliminadas de un modelo (Edirisinghe & Zhang, 2010); tampoco se identifica la posibilidad de disponer de una forma funcional que vincule las variables de entrada y salida (Dyson, y otros, 2001).

Este texto recopila y propone lineamientos para identificar la forma funcional que vincula a diferentes variables de entrada y salida (Khezrimotlagh, Zhu, Cook, & Toloo, 2019), su consistencia dimensional, así como un conjunto de criterios para la clasificación, comprensión, selección e inclusión de variables y su interpretación (Cakrr, 2017). Esto se toma sobre el modelo DEA Translogarítmico para la descripción de desempeño de un conjunto prestadores de servicios de Justicia en Cundinamarca, Colombia entre 2007 a 2016 (Lacko, Humy, & Razkosová, 2017).

Palabras clave

Análisis Envlovente de Datos (DEA), selección de variables, servicio de justicia, análisis de eficiencia.

Referencias

- Cakrr, S. (3 de octubre de 2017). Proposing integrated Shannon's entropy-inverse data envelopment analysis methods for resource allocations problem under a fuzzy environment. *Engineering Optimization*, 49(10), 1733-1749. doi:10.1080/0305215X.2016.1262606
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis. A comprehensive text, with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. New York: Kluwer Academic Publishes Group.
- Dyson, R., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V., Sarrico, C., & Shale, E. (16 de July de 2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European of Journal Research*, 132(2), 245-259. doi:10.1016/S0377-2217(00)00149-1

Edirisingle, N., & Zhang, X. (16 de diciembre de 2010). Input/output selection in DEA under expert information, with application to financial markets. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1669-1678. doi: 10.1016/j.ejor.2010.06.027

Khezrimotlagh, D., Zhu, J., Cook, W., & Toloo, M. (1 de Mayo de 2019). Data Envelopment analysis and big data. *European Journal of Operational Research*, 274(3), 1047-1054. doi: 10.1016/j.ejor.2018.10.044

Lacko, R., Humy, F., & Razkosová, A. (8 de septiembre de 2017). Conceptual framework for evaluating the efficiency of public administration. *Digitalization in Management, Society and Economy*, 253-260.

-- --

5- #1090 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA EN EL SERVICIO DE JUSTICIA USANDO ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Ana María Castillo Pastrana

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, acastillo89@unisalle.edu.co

Carlos Andrés Arango Londoño

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Colombia, cararango@unisalle.edu.co

Wilson Alexander Pinzón Rueda

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Distrital, Colombia, wapinzon@udistrital.edu.co

Resumen

La planeación estratégica tiene como objeto proveer el desempeño y evolución de los negocios en entornos competitivos, asociativos y cooperativos, tanto de labores públicas, privadas o de organizaciones no gubernamentales, ONGS, respecto al cumplimiento de sus propósitos (Pasupathy & Triantis, 2007). Esta acción puede ser útil para actividades presupuestales como de formulación, proposición, formulación y evaluación de políticas públicas (Medina, 2007).

Este texto propone un procedimiento para apoyar el proceso de planeación estratégica basado en modelos de Análisis Envolverte de Datos (DEA) intertemporales multiplicativos (Lacko, Humy, & Razkosová, 2017), de forma tal que los resultados obtenidos permitan proponer acciones de mejora identificables para cada agrupación de unidad evaluada por enfoque basadas en el cambio de: los coeficientes de eficiencia (Khezrimotlagh, Zhu, Cook, & Toloo, 2019), los

ponderadores virtuales de entradas y salidas, el cambio en los recursos y el cambio en las holguras (Khezrimotlagh, Zhu, Cook, & Toloo, 2019).

De aquí se obtiene una identificación de los cambios tecnológicos, propuestas para la mejora en la prestación del servicio y elementos para el recorrido estratégico en la prestación del servicio de justicia (Harris II, 2000).

Palabras clave

Análisis Envolverte de Datos (DEA), servicio de justicia, planeación estratégica

Referencias

Harris II, J. (2000). Do mergers enhance the performance of hospital efficiency? *Journal of the Operational Research Society*, 51(7), 801-811.

Khezrimotlagh, D., Zhu, J., Cook, W., & Toloo, M. (1 de Mayo de 2019). Data Envelopment analysis and big data. *European Journal of Operational Research*, 274(3), 1047-1054. doi: 10.1016/j.ejor.2018.10.044

Lacko, R., Humy, F., & Razkosová, A. (8 de septiembre de 2017). Conceptual framework for evaluating the efficiency of public administration. *Digitalization in Management, Society and Economy*, 253-260.

Medina, A. (2007). A conceptual framework to evaluate performance of non-profit social service organisations. *International Journal of Tecnology Management*, 37(1-2), 147-161.

Pasupathy, k., & Triantis, K. (Agosto de 2007). Large-scale data envelopment analysis (DEA) implementation: A strategic performance management approach. *Journal of the operational Research Society*, 58(8), 1084-1098.

-- -- --
6- #509 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA VINCULACIÓN DE BUSES ELÉCTRICOS EN LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE TERRESTRE – RESULTADOS DE PRUEBA DE OPERACIÓN DE UN BUS ELÉCTRICO DESDE BOGOTÁ HASTA PEREIRA

Diego Armando Vargas Romero
Dirección De Investigación,
Corporación Universitaria Unitec, Colombia,
ingprodvargas@gmail.com

Resumen

La vinculación de nuevas tecnologías a los diferentes sistemas de transporte terrestre representa para la academia una gran oportunidad, que abre espacio a investigaciones aplicadas que evalúen desde diversos ángulos los factores que hacen parte de los procesos y las consecuencias que pueden venir implícitas de la mano a estos.

El transporte representa el 64% del consumo final de petróleo, además, representa el 14% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero. En términos de contaminación atmosférica, representa el 16% del material particulado PM10, y 19% para las más pequeñas que en realidad son las que perjudican la salud de los seres vivos. Por otro lado, el transporte representa el 61% de las emisiones de óxido de nitrógeno, ya sean monóxidos o dióxido, que son los causantes de picos de ozono.

La presente ponencia contiene información general de los resultados de la prueba de operación de un bus eléctrico en recorrido desde la ciudad de Bogotá hasta la ciudad de Pereira, así como la revisión de los diferentes aspectos e implicaciones a tener en cuenta para la evaluación de la vinculación de buses con tecnología eléctrica en los sistemas de transporte terrestre, tomando como referencia las experiencias de pruebas en los sistemas troncales de Bogotá y Medellín.

Palabras clave

Eléctricas, vinculación, sistemas, transporte, terrestre.

Referencias

- Centro de investigaciones para el Desarrollo. (2017, diciembre) Monitoreo de las condiciones técnicas y operacionales del Piloto Bus Eléctrico Articulado en el Sistema Troncal TransMilenio. Informe de la Universidad Nacional de Colombia.
- Behrentz, E. (2009) Impacto del sistema de Transporte en los niveles de contaminación percibidos por los usuarios del espacio público. Ed. Universidad de los Andes.
- Mokate, K. (2004). La evaluación socioeconomica de proyectos de inversión: el estado del arte. Ed. Universidad de los Andes
- Behrentz, E., Espinosa, M., Joya, S., Peña, C., & Prada, A. (2014, febrero). Productos analíticos para apoyar la toma de decisiones sobre acciones de mitigación a nivel sectorial. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, 1, 5. 2017, junio, De Universidad de los Andes Base de datos.
- Grütter, J. (2006, junio). Líneas base en proyectos de transporte urbano. Biblioteca del Banco Interamericano de Desarrollo, 1, 9. 2017, junio, De Grütter consulting Base de datos.
- Pulíaño, S.E., Castesana, P.: "Emisiones de carbono del sector transporte en Argentina". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14, pp 07.01 -07.08; 2010. ISSN 0329-5184, <http://www.asades.org.ar/>
- Salon, D., & Shewmake, S. (2010). Opportunities for value capture to fund public transport: A comprehensive review of the literature with a focus on East Asia. ITDP, 1, 5.
- Rodríguez, P. & Behrentz, E. (2009) Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles de la ciudad de de fuentes móviles de la ciudad de Bogotá. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). Ed. Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes
- IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

-- -- --

7- #1039 P-MEDIAN MODIFICADO CON RESTRICCIONES DE TIPO POR GENERACIÓN DE COLUMNAS

César Camilo Rojas Morales
Candidato a Magister en Ingeniería Industrial,
Universidad de los Andes, Colombia,
cc.rojas1833@uniandes.edu.co

Ciro Alberto Amaya Guio
Profesor Asociado Departamento de Ingeniería
Industrial, Universidad de los Andes, Colombia,
ca.amaya@uniandes.edu.co

Resumen

Uno de los problemas clásicos en logística es el problema de localización de instalaciones, en una de sus versiones se busca la selección, dentro de un grupo de candidatos, de p sitios, los cuales tendrán funciones especiales dentro del diseño de la cadena logística.

En la teoría de Localización Discreta, el problema de seleccionar dichas instalaciones para minimizar la distancia promedio ponderada de las demandas entre n clientes, o nodos de demanda, y la instalación más cercana seleccionada es más conocido como el problema p -median. Este problema está clasificado como NP-duro cuando se modela sobre un grafo general, cuando el grafo es un árbol, este puede ser solucionado en tiempo polinomial. (Mladenovic, Brimberg, Hansen, y Moreno-Pérez, 2007) (Lorena y Senne, 2003) (Kariv and Hakimi, 1979)

En la versión clásica, todos los clientes, o puntos de demanda, tienen características similares, y se busca seleccionar p instalaciones, para atenderlos. Las instalaciones finalmente son ubicadas en nodos de demanda, dado el teorema de Hakimi (1965). Las restricciones del problema exigen que los puntos de demanda sean asignados a una sola instalación. El problema acá presentado tiene algunas variaciones, las cuales se resumen en:

1. Cada cliente puede asignarse a 1 o más instalaciones.
2. Cada cliente puede asignarse a un máximo número de instalaciones

Cada instalación debe cumplir con una demanda según el tipo de cliente La ponencia presenta un método de solución para el problema antes mencionada, el cual

está basado en un modelo de optimización lineal. El problema presentado está inspirado en una situación industrial más compleja, pero que podría ser vista como un caso del problema modificado antes presentado.

La ponencia presenta con detenimiento la característica de los puntos de demanda, los cuales, en la situación industrial, son establecimientos que deben ser visitados, dada algunas condiciones particulares. Se presenta el modelo desarrollado y se hace un análisis de la capacidad de encontrar soluciones dadas diferentes situaciones. El análisis se realiza mediante la solución de diferentes instancias, que van en el rango de 9 a 230 establecimientos. El análisis incluye un método de generación de columnas, el cual será también presentado, y un análisis computacional realizado con el software comercial GUROBI y el software libre CBC. Se presenta los resultados encontrados, teniendo como base importante el tiempo de solución y la pertinencia en la implementación real en la empresa.

Palabras clave

p -median, generación de columnas, localización.

Referencias

- Hakimi SL (1965) Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems. *Oper Res* 13:462–475.
- Kariv O, Hakimi SL (1979) An algorithmic approach to network location problems. II: the p -medians. *SIAM J Appl Math* 37:539–560.
- Lorena, Luis., Senne, Edson. (2003). A column generation approach to capacitated p -median problems. *Computers & Operations Research*, 31 (6), 863–876. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(03\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00039-X).
- Mladenovic, N., Brimberg, J., Hansen, P., & Moreno-Pérez, J. A. (2007). The p -median problem: A survey of metaheuristic approaches. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 927–939. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.034>.

-- -- --

8- #1079 UN MODELO MULTI-PERODO DEL HUB LOCATION CAPACITADO APLICADO AL TRANSPORTE MULTI-MODAL DE CARGA EN CHILE

Alan Osorio
Magister en Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-
Bío, Chile, aosorio@egresados.ubiobio.cl

Francisco Núñez

*Departamento de Planificación y Diseño Urbano,
Universidad del Bío-Bío, Chile,
fnunez@ubiobio.cl*

Resumen

Los hubs son instalaciones donde se realiza consolidación y transbordo de flujo. El objetivo es optimizar costos de transporte, reemplazando envíos directos por multimodales. El Hub Location Problem (HLP) busca determinar la mejor localización de dichos nodos y la asignación de flujo dentro del sistema (Laporte, Nickel, & Saldanha da Gama, 2015).

En general el HLP se ha abordado como un problema estático, sin embargo, el enfoque multi-periodo aparece como una opción más representativa de la realidad (Correia, Nickel, & Saldanha-da-Gama, 2018). Se propone un modelo de programación lineal entera mixta para resolver el problema de localización en un horizonte de tiempo. De acuerdo a (Farahani, Hekmatfar, Arabani, & Nikbakhsh, 2013) el modelo utilizado es capacitado, multi-periodo, con múltiple asignación, multi-producto y multi-modal. A diferencia de las formulaciones clásicas, la propuesta tiene libre asignación y permite envío directo. Además, la función objetivo corresponde a flujos descontados (Valor Actual de Costos - VAC), considerando así, el valor del dinero en el tiempo. Los modelos son implementados en AMPL y resueltos utilizando GUROBI 8.1.

La aplicación corresponde al transporte de carga de exportación en Chile. Se consideran flujos variables de seis productos en un horizonte de 20 años, dos medios de transporte, 50 orígenes, 54 candidatos y seis destinos.

Los resultados indican que sólo un hub debe ser abierto, en el sur del área de estudio. Se observa que los hub deben ser instalados cerca de grandes concentraciones de carga, siempre y cuando se recorran largas distancias. Se concluyó que la distancia recorrida es clave en la decisión de localización, mientras que el volumen es una condición necesaria pero no suficiente. Los ahorros en transporte reportados por el hub son del orden del 1%, equivalente en promedio a 395000 USD al año, siendo el momento óptimo de apertura el año 0.

Palabras clave

Hub Location Problem, Logística, Planificación estratégica

Referencias

- Correia, I., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2018). A stochastic multi-period capacitated multiple allocation hub location problem: Formulation and inequalities. *Omega*, 74, 122–134. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2017.01.011>
- Farahani, R. Z., Hekmatfar, M., Arabani, A. B., & Nikbakhsh, E. (2013). Hub location problems: A review of models, classification, solution techniques, and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 64(4), 1096–1109. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.01.012>
- Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha da Gama, F. (2015). *Location Science* (1st ed.). Springer International Publishing.

--- --

9- #1121 FORMULACIÓN DE UN MODELO LINEAL ENTERO FLEXIBLE PARA EL PROBLEMA DE ROSTERING DE CONDUCTORES DE BUS

Kenny Cárdenas Parra

*Programa de Ingeniería Industrial, Universidad
Tecnológica de Pereira, Colombia,
kennycardenas@utp.edu.co*

César Augusto Marín Moreno

*Área I+D+i, Integra S.A., Colombia,
cmarin@integra.com.co*

Rubén Iván Bolaños

*Área I+D+i, Integra S.A., Colombia,
cmarin@integra.com.co*

Luis Miguel Escobar Falcón

*Ingeniería de Sistemas, Universidad Libre –Pereira,
Colombia, luis.m.escobarf@unilivre.edu.co*

Mauricio Granada Echeverri

*Programa de Doctorado en Ingeniería, Universidad
Tecnológica de Pereira, Colombia,
magra@utp.edu.co*

Resumen

En este trabajo se presenta una novedosa formulación de una programación lineal entera para la solución de un problema de la planeación operativa en sistemas de transporte público. El modelo que presentado es flexible y funciona alternando restricciones específicas de la operación, dependiendo de las leyes locales y las políticas internas de las empresas. La formulación

propuesta en este trabajo modela una versión genérica del Bus Driver Rostering Problem, el cual tiene una gran cantidad de aspectos a considerar, principalmente debido a la complejidad de la administración del personal y su asignación del servicio diario. Las principales características que se tienen en cuenta en el modelo son las condiciones de trabajo específicas, las regulaciones laborales de cada país, las políticas internas de las empresas y el personal disponible. Estas se incluyen como conjuntos de restricciones duras del problema. En la literatura, se observó que hay una falta de modelos matemáticos generales que representan esta clase de problema de asignación. En consecuencia, la mayoría de las investigaciones publicadas relacionadas con el rostering de conductores, se refieren al desarrollo de soluciones heurísticas. Además, los enfoques híbridos de dos fases que combinan metodologías heurísticas y exactas para la primera y la segunda etapa, respectivamente, no pueden garantizar soluciones óptimas. En este estudio, el modelo se prueba en tres escenarios diferentes: (i) instancias referenciadas en la literatura, (ii) instancias de referencia recientemente propuestas que simulan el funcionamiento de una empresa de transporte que varía los tipos de turnos y el personal disponible, y (iii) caso real de una empresa de transporte público de un sistema de autobuses de tránsito rápido (BRT) en Colombia. Los experimentos computacionales muestran que un solucionador de programación entero mixto (MIP) es capaz de obtener soluciones óptimas para cada uno de los escenarios mencionados en tiempos de computación razonables.

Palabras clave

Scheduling, Rostering, Planeación Operativa.

-- --

10- #1123 DISEÑO ROBUSTO DEL SISTEMA LOGÍSTICO DE ACOPIO Y REFRIGERACIÓN DE LECHE MEDIANTE ANÁLISIS DE LAS COMPENSACIONES ENTRE EMISIONES DE CO₂ Y VALOR PRESENTE NETO

Andrés Polo Roa

Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
polo.andres@uniagraria.edu.co

Dairo Steven Muñoz Pinzón

Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
munoz.dairo@uniagraria.edu.co

Diana Carolina Castillo González

Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
castillo.diana1@uniagraria.edu.co

Maria Alejandra Perilla Bilbao

Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
perilla.maria1@uniagraria.edu.co

Resumen

El problema de diseño de sistemas logísticos es un problema de nivel estratégico que implica la selección de uno o varios depósitos de un conjunto de ubicaciones candidatas. Durante los últimos años, muchos problemas de logística e investigación de operaciones se han extendido para incluir problemas de efecto invernadero y aspectos financieros relacionados con el impacto ambiental de las actividades de transporte. El presente trabajo presenta un diseño robusto del sistema logístico de acopio y refrigeración de leche en una Cooperativa (Tordecilla-Madera, Polo, Muñoz, González-Rodríguez, 2017). Este diseño consiste en la localización de tanques de refrigeración, en donde cada uno permite acopiar la leche de varios productores. El modelo propuesto está formulado como un problema bi-objetivo, considerando la minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero producida por el transporte de cantinas de leche en motocicleta y la maximización del valor presente neto de la configuración del sistema (VPN). Al caracterizar la relación robustez-VPN y robustez-CO₂ se determinó cuál configuración es más robusta y como se genera esta robustez. El modelo matemático propuesto del problema se resuelve con la técnica clásica de restricción épsilon y la robustez se determina por medio de la metodología FePia (Ali, Maciejewski, Siegel, 2004). Se determinó entonces que la Cooperativa debe montar su sistema logístico de acopio y refrigeración de acuerdo con la configuración escogida y para esta se diseñó un plan táctico que optimiza el uso de los tanques de refrigeración instalados.

Palabras clave: Robustez, VPN, Emisiones CO₂, Tanques de refrigeración de leche, Localización.

Referencias

- Ali, S., Maciejewski, A. A., Siegel, H. J. (2004). Measuring the robustness of a resource allocation. *IEEE Trans Parallel Distrib Syst*, 15:630–41. doi:10.1109/TPDS.2004.24.
- Tordecilla-Madera, R., Polo, A., Muñoz, D., González-Rodríguez, L. (2017). A robust design for a Colombian dairy cooperative's milk storage and refrigeration logistics system using binary programming. *Int J Prod Econ*, 183:710–20. doi: 10.1016/j.ijpe.2016.09.019

-- -- --

11- #1127 MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE GENERACIÓN DE TURNOS DE TRABAJO PARA AGENDAMIENTO DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO

Daniel Esteban Cortés Forero

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, de.cortes10@uniandes.edu.co

César Augusto Marín Moreno

Área I+D+i, Integra S.A., Colombia, cmarin@integra.com.co

Rubén Iván Bolaños

Área I+D+i, Integra S.A., Colombia, cmarin@integra.com.co

Luis Miguel Escobar Falcón

Ingeniería de Sistemas, Universidad Libre –Pereira, Colombia, luism.escobarf@unilibre.edu.co

Kenny Cárdenas Parra

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, kennycardenas@utp.edu.co

David Álvarez Martínez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, d.alvarezm@uniandes.edu.co

Resumen

En este estudio se presenta un algoritmo de generación de columnas para la creación óptima de turnos de trabajo (Crew Scheduling Problem), teniendo en cuenta las consideraciones de Integra S.A., operador del sistema de transporte masivo del Área Metropolitana Centro Occidente AMCO. Se propone una metodología de solución de generación de columnas con dos procesos. Uno de ellos (proceso esclavo), correspondiente a la conformación de bloques de

trabajo, aborda esta situación como un problema de cutting-stock problem considerando la duración de dichos bloques. Por otro lado, se tiene un subproblema auxiliar que ayuda a construir turnos a partir de la solución del proceso esclavo. El maestro entonces, se encarga de seleccionar la mejor combinación de turnos para minimizar los costos de contratación. Esta metodología es comparada con las asignaciones realizadas en el centro de control y operaciones, expertos en esta problemática. Se utilizan casos de estudio correspondientes a operaciones puestas en marcha desde el año 2015 hasta la operación actual. Los resultados computacionales actuales son validados en instancias pequeñas considerando las restricciones formuladas por la operación del sistema.

Palabras clave

Crew Scheduling Problem, Planeación Operativa, Bus Rapid Transit.

-- --

12- #1150 ALGORITMO GENÉTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE VÍCTIMAS DE DESASTRES CONSIDERANDO PROBABILIDADES DE SUPERVIVENCIA EN BUCARAMANGA

Ibeth Yasney Amaya Rueda

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomas, Colombia. ibeth.amaya@ustabuca.edu.co

Julián Andrés Gómez Sánchez

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomas, Colombia. julian.gomez@ustabuca.edu.co

Karin Aguilar Imitola

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomas, Colombia. karin.aguilar@ustabuca.edu.co

Resumen

Entre las actividades humanitarias, se encuentra el manejo de víctimas de desastre, desde su búsqueda y rescate (Chen & Miller-Hooks, 2012; Wex, Schryen, Feuerriegel, & Neumann, 2014), hasta que estas son puestos a salvo en refugios (Li, Jin, & Zhang, 2011), así como la asignación de diferentes tipos de recursos (Zhu, Huang, Liu, & Han, 2008). Una vez ocurre un desastre, se generan víctimas con diferentes niveles de lesión que deben ser retiradas de la zona de desastre y llevadas a instalaciones donde son valoradas de acuerdo con el *Triage* (sistema de selección y clasificación de pacientes en los servicios de urgencia), para posteriormente decidir si deben ser reubicadas en instalaciones de salud especializadas. Con el objetivo de maximizar el número de sobrevivientes entre los rescatados de un área de desastre, esta investigación aborda un problema de asignación, en el que se debe decidir a cuál punto de valoración enviar los rescatados, y de acuerdo al *Triage*, a cuál instalación de salud debe ser enviado para ser tratado a tiempo; considerando la probabilidad de supervivencia, la cual disminuye de manera lineal con el tiempo que transcurre desde que la víctima es rescatada hasta que recibe tratamiento.

Por lo anterior, se realiza una revisión de literatura relacionada con los problemas de asignación en gestión de desastres. Posteriormente se formula un modelo matemático que describa el problema de

estudio, el cual es solucionado mediante la construcción de un algoritmo genético. Para validar el algoritmo se diseña un escenario de desastre para la ciudad de Bucaramanga, para el cual se construye una red de emergencias, que incluye hospitales, su capacidad instalada y zonas de desastres; la red permite establecer la distancia y tiempo entre los diferentes nodos de atención. Al finalizar la investigación se espera obtener la asignación adecuada de los afectados a las diferentes instalaciones hospitalarias, considerando el nivel de sus lesiones y su probabilidad de supervivencia.

Palabras clave

Asignación de víctimas, Asignación de recursos médicos, Algoritmo genético, Logística humanitaria, Optimización.

Referencias

- Chen, L., & Miller-Hooks, E. (2012). Optimal team deployment in urban search and rescue. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(8), 984–999. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2012.03.004>
- Wex, F., Schryen, G., Feuerriegel, S., & Neumann, D. (2014). Emergency response in natural disaster management: Allocation and scheduling of rescue units. *European Journal of Operational Research*, 235(3), 697–708. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.029>
- Zhu, J., Huang, J., Liu, D., & Han, J. (2008). Resources Allocation Problem for Local Reserve Depots in Disaster Management Based on Scenario Analysis. *The 7th International Symposium on Operations Research and Its Applications*, (June), 395– 407. Retrieved from <http://www.aporc.org/LNOR/8/ISORA2008F48.pdf>

4. APLICACIONES IO EN LOGÍSTICA URBANA

-- --

13- #432 APLICACIÓN DEL MODELO P DE INVENTARIOS A UNA CADENA DE FRÍO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Luis Fernando Ospino León

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
fernando.ospinoleon@gmail.com

Angie Paola Caicedo Manrique

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, paokaicdo@hotmail.com

Resumen

El caso se presenta en una empresa del sector avícola con presencia a nivel nacional en la cual se desarrolla un modelo de Sales & Operations Planning (Wallace, 2004) (en adelante S&OP) que guía el accionar de toda la compañía. Este proceso utiliza una metodología para conciliar el plan de demanda y el plan de suministro de tal manera que no excedan las capacidades de producción, disponibilidad de materia prima y de la cadena de frío, atendiendo a los clientes "Core Bussines" de la compañía y estableciendo la meta del nivel de servicio mediante el indicador de llegadas a tiempo y completas (OTIF: On Time In Full) de más 90%.

Luego de conciliado el S&OP, se utiliza la técnica del modelo de inventarios de periodos fijos (modelo P) (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009) para crear la política a nivel de centro logístico-referencia vigente durante el mes. Los datos necesarios para utilizar la técnica se obtienen de varias fuentes: la demanda pronosticada de centro logístico-referencia a partir de plan de ventas; el tiempo entre revisiones (T) y lead time (L) del plan de suministro; la desviación estándar (σ) del histórico de ventas; y el número de desviaciones estándar (z) a partir del objetivo del OTIF.

Ejecutado este plan, los clientes más organizados (como las grandes cadenas de supermercados) publican los resultados del programa de evaluación y certificación de proveedores los cuales ubican a la compañía con un OTIF del 93% lo cual da evidencia sobre el funcionamiento del modelo de inventarios y de la metodología para planear las ventas y operaciones de la compañía. De similar manera, en las mediciones

internas de la compañía, se muestra un nivel de cumplimiento de más del 90% que han permitido a la compañía destacarse en el sector al convertirse en un proveedor confiable.

Palabras clave

OTIF, Sales & Operations Planning, Modelo P de inventarios.

Referencias

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros* (Duodécima ed.). Ciudad de México: McGraw Hill. Wallace, T. F. (2004). *Sales & Operations Planning, The How-To Handbook* (Segunda ed.). Cincinnati, Estados Unidos: T.F. Wallace & Company.

-- --

14- #1027 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE UN IMPUESTO AL CARBONO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO DE CEMENTO

Nora Cadavid Giraldo

Ingeniería de Producción, Universidad EAFIT, Colombia, ncadavi1@eafit.edu.co

Mario C. Vélez Gallego

Ingeniería de Producción, Universidad EAFIT, Colombia, marvelez@eafit.edu.co

Resumen

En este trabajo abordamos el problema de la evaluación de la efectividad de los impuestos al carbono como mecanismo para promover la incorporación de procesos productivos más sostenibles. En particular estudiamos el efecto de los impuestos al carbono sobre las emisiones totales de CO₂ de una cadena de suministro de cemento. Para cuantificar este efecto se proponen dos formulaciones de programación lineal entera mixta que explícitamente incorporan esquemas de impuestos al carbono, con las cuales se evalúan diferentes tasas impositivas, con el fin de determinar el valor a partir del cual la empresa obtiene un beneficio económico por reducir sus emisiones de CO₂. En este estudio concentramos nuestra atención en la industria del cemento debido a tres razones fundamentales: la alta demanda de este producto a nivel mundial, la gran cantidad de energía

necesaria para su producción, y los altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles a este proceso productivo. Para llevar a cabo este estudio se construyó una instancia de prueba de tamaño realista a partir de información pública disponible sobre la industria del cemento. Los resultados obtenidos luego de llevar a cabo un experimento computacional extenso indican que tasas impositivas entre 15 y 150 dólares por tonelada emitida de CO₂ inducen una reducción en las emisiones totales entre el 11 y el 24%.

Palabras clave

Optimización multiobjetivo, programación lineal entera mixta, sostenibilidad, cadena de suministro, logística, impuestos al carbono, cemento.

-- --

15- #1058 ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL CEMENTANTE SUPLEMENTARIO EN LA FABRICACIÓN DE CONCRETO MEDIANTE UN MODELO DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

Raquel Pérez Blair

Maestría en desarrollo sostenible, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colombia,
perezblair@hotmail.com

German A. Álvarez

Departamento de Calidad y Producción/, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colombia,
germanalvarez@itm.edu.co

Leyla Yamile Jaramillo

Departamento de Calidad y Producción/, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colombia,
leylajaramillo@itm.edu.co

Juan Guillermo Villegas

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia,
juan.villegas@udea.edu.co

Resumen

El aumento de la población y la expansión urbana son impulsores del crecimiento de la construcción. Dado que el cemento es el principal material utilizado en el concreto, las investigaciones actuales se centran en la reducción de las emisiones provenientes de su fabricación. El uso de Materiales Cementantes Suplementarios (MCS) es una de las alternativas (Aprianti et al, 2015). Por otro lado, en Colombia existen residuos agroindustriales con altos volúmenes de

generación y difícil disposición, que no cuentan con alternativas de aprovechamiento. Uno de ellos es la cascarilla de arroz, la cual se puede incorporar como MCS una vez se realiza una combustión controlada que produce ceniza de cascarilla de arroz (CCA) con altos porcentajes de sílice amorfa.

En este trabajo se presenta un modelo de programación entera mixta para el diseño de la cadena de abastecimiento que conecta de manera sostenible la generación de cascarilla de arroz en los molinos arroceros con la producción de concreto en las plantas de mezclado. Dicho modelo considera la optimización simultánea de la huella de carbono y el costo logístico y de producción de la cadena de abastecimiento. Además de las decisiones típicas de una cadena de abastecimiento (cantidades a producir y transportar en cada uno de los eslabones, Melo et al, 2009), el modelo considera como una de sus decisiones principales la elección de la ubicación y la tecnología empleada en las instalaciones de producción de CCA.

Utilizando los datos de una compañía cementera colombiana, se evalúa el impacto de la incorporación de CCA como MCS. Se plantean distintos escenarios que analizan la política de compra de CCA y la posibilidad de generación de energía en la combustión. Así mismo, se analiza el *trade-off* entre la reducción de la huella de carbono y el costo de la cadena de suministro.

Palabras clave

programación entera, optimización multiobjetivo, logística verde, diseño de cadenas de suministro

Referencias

- Aprianti, E., Shafiqh, P., Bahri, S., & Farahani, J. N. (2015). Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes—A review. *Construction and Building Materials*, 74, 176-187
- Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-Da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management—A review. *European journal of operational research*, 196(2), 401-412

-- -- --

16- #1073 ¿CÓMO ABORDAR DESDE LA LOGÍSTICA LA INVESTIGACIÓN DE LAS OPERACIONES NECESARIAS PARA AFRONTAR LOS RETOS QUE IMPONE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD EXTENDIDA AL PRODUCTOR (REP)

Aura Cristina Mosquera Romaña
Grupo Incas, Universidad de Antioquia, Colombia,
aura.mosquera@udea.edu.co

Pablo Andrés Maya
Grupo Incas, Universidad de Antioquia, Colombia,
pablo.maya@udea.edu.co

Resumen

La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) se trata de un principio para promover mejoras ambientales para ciclos de vida completos de los sistemas de los productos ya que su objetivo es extender las responsabilidades de los fabricantes del producto a varias fases del ciclo total de su vida útil, y especialmente a su recuperación, reciclaje y disposición final (Lindhqvist, 2008). Esto con el fin de ayudar a tener una alta utilización de los productos y materiales y crear conciencia en la fabricación de estos, reconociendo el impacto ambiental de cada participante en la cadena de abastecimiento. Esta es una herramienta de gestión de recurso que busca trabajar por una economía circular siendo este modelo económico el mayor promotor hacia un sistema de aprovechamiento absoluto de los recursos.

En Colombia se ha venido trabajando y evolucionando en la implementación de la normatividad relacionada con la responsabilidad extendida del productor. La correcta ejecución de estas políticas genera retos a la cadena de abastecimiento y la administración de operaciones. Este proyecto revisa la normatividad vigente en Colombia y casos de estudios de diferentes países en donde las REP tienen mayor trayectoria, identificando los desafíos de su implementación y las herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones que pueden contribuir a abordar dichos retos.

Palabras claves

Responsabilidad Extendida del Productor (REP), vida útil, economía circular.

Referencias

Lindhqvist, T., Manomaivibool, P., & Tojo, N. (2008). La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. La gestión de los residuos electrónicos y eléctricos en Argentina.

-- -- --

17- #1099 MODELO MATEMÁTICO PARA MEJORAR LA CAMINABILIDAD DEL CENTRO DE BOGOTÁ, A PARTIR DE LA REUBICACIÓN O EL AJUSTE DEL DISEÑO DEL MOBILIARIO URBANO

Lina María Avendaño Paloma
Universidad Central, Colombia
lavendanop3@ucentral.edu.co

Jainet Orlando Bernal Orozco Correo
Universidad Central, Colombia
jbernal1@ucentral.edu.co

Resumen

La caminabilidad en zonas urbanas, es un término que describe la comodidad de los peatones en su tránsito a pie por la ciudad, teniendo en cuenta aspectos como velocidad promedio en el tránsito peatonal y la densidad peatonal por acera. Sin lugar a duda, la actividad de desplazamiento es una necesidad primordial para ellos. Para el caso de Bogotá, el ciudadano en su recorrido encuentra obstáculos, esto se debe a diferentes elementos que ocupan el espacio público, los cuales impiden realizar una libre caminata y disminuye el confort en su andar.

En este estudio, se diseña un modelo matemático de optimización que busca maximizar el área de libre caminata en aceras de la zona centro de la ciudad de Bogotá; contemplando aspectos de movilidad urbana sostenible y teniendo en cuenta la peatonalización de la carrera séptima, para identificar elementos del mobiliario urbano que podrían ser reubicados, mejorando el diseño urbano y, por ende, la calidad del tránsito peatonal. El área de estudio fue seleccionada por ser una de las zonas con mayor tránsito peatonal y por ser una zona con población que transita el área, pero que no reside allí.

Con el modelo se definió una propuesta para 63 aceras comprendidas desde Calle 19 hasta calle 24 y entre carrera 3 y 7, que señala el reubicar del mobiliario urbano y vendedores que ocupan parte de la acera. Con ello, se logra un incremento en el área de libre

caminabilidad en la zona, teniendo en cuenta restricciones de cantidad mínima de área para cada uno de los mobiliarios urbanos necesarios en el espacio público.

La prospectiva del estudio, se orienta al diseño y operación de una simulación basada en agentes que permita la cuantificación de otros aspectos como velocidad promedio en el tránsito peatonal y la densidad peatonal por acera.

Referencias

Ruben Talavera Garcia, Julio Alberto Soria Lara & Luis Miguel Valenzuela Montes. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 161-187.

-- -- --

18- #1159 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN SOSTENIBILIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS

Gloria Osorno

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, gosorno@uceva.edu.co

Stefania Mosquera

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, stefania3019@gmail.com

Danelly Lucumi

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, danellyortiz111@gmail.com

Harvy Herrera

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, harvysherrera@gmail.com

Juan Camilo Jaramillo

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, juancamilojaramillo1234@gmail.com

Jhon Dairon Quiñones

Ingeniería Industrial, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, crtvtrue@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta una revisión de la literatura de las aplicaciones de Investigación de operaciones en Sostenibilidad y Sustentabilidad en sistemas agroecológicos. En particular, se centra en la Granja

agroecológica de la Unidad Central del Valle del Cauca de la ciudad de Tuluá, en la que se realizan labores académicas e investigativas que sirven de apoyo a diferentes programas académicos. Esta granja se creó con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible para combatir el cambio climático propuestos por la Organización de Naciones Unidas - ONU. Uno de los componentes de la Granja es el agrícola (frutales, hortalizas y plantas medicinales) para el cual se realizó un diagnóstico evidenciando el incumplimiento de los desarrollos sostenibles y sustentables.

Esta situación motivó el desarrollo del presente proyecto, el cual se encuentra en ejecución, con el fin de identificar estrategias de mejoramiento que permitan convertir el componente agrícola en sostenible y sustentable. Se realiza una revisión de la literatura en la que se identificaron las problemáticas del sector que son relevantes en las operaciones de la Granja, los modelos que pueden ayudar a abordar dichas problemáticas, los métodos de solución que se han implementado a la fecha y las medidas de desempeño para evaluar las soluciones. Adicionalmente, se presentan las principales tecnologías de apoyo a estos sistemas, las estrategias de recolección de datos y las técnicas de verificación y validación. Finalmente, se presentan estrategias que pueden ser implementadas en la Granja considerando los hallazgos en la literatura.

Palabras clave

sistemas agroecológicos; componente agrícola; sostenibilidad; sustentabilidad; optimización.

5. APLICACIONES IO EN OPTIMIZACIÓN DISCRETA (Otras)

-- --

19- #313 OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA APLICADA A PROBLEMAS DE INVERSIÓN EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL MERCADO DE CAPITALES COLOMBIANO

Adriana María Santa

Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, adriana.santa@utp.edu.co

Sebastián Arias

Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, jsarias@utp.edu.co

Wilson Arenas

Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, [warednas@utp.edu.co](mailto:warenas@utp.edu.co)

Resumen

La sostenibilidad financiera es un factor crítico en las organizaciones a nivel mundial. Esta realidad no es ajena a las Instituciones de Educación Superior (IES). En este contexto, las universidades usualmente tienen excedentes de liquidez que pueden ser parte de un portafolio de inversión. El buen manejo del portafolio puede generar retornos que soporten una parte del presupuesto anual de la institución. Lo anterior, es conocido como «endowment» (ACE, 2014).

La optimización ayuda a los tomadores de decisiones en la administración de portafolio para seleccionar activos considerando la maximización de los retornos esperados y el ajuste de una medida de riesgo coherente, estos problemas en la literatura son NP-Hard (Anagnostopoulos & Mamanis, 2011). Usualmente las IES tienen un perfil donde la seguridad se antepone a la rentabilidad.

Este trabajo desarrolla modelos estocásticos con diferentes medidas de riesgo coherentes que atienden las particularidades de una universidad pública en Colombia y del mercado de capitales del país. Se formulan y evalúan seis modelos estocásticos y uno tradicional. En la canasta de activos elegibles se incorporaron bonos, índices accionarios y derivados, se trabajaron un número importante de valores faltantes, como consecuencia de la iliquidez del mercado colombiano. Además, los rendimientos analizados no cumplieron el criterio de normalidad que usualmente se

asume en teoría. Por lo anterior, la técnica bootstrap fue implementada de acuerdo con Yu, Ji, & Wang, (2003).

La evaluación de los modelos se realizó a través de los indicadores Valor Esperado de la Información Perfecta y Valor de la Solución Estocástica (Birge & Louveaux, 2011). Los resultados muestran mejor desempeño para el modelo estocástico dos etapas. Además, se establece que para un perfil de inversión con un peso del 70% o más a la medida de riesgo, los modelos estocásticos se comportan mejor que los estáticos.

Palabras Claves

Administración de Portafolio, Medidas de Riesgo Coherentes, Optimización Estocástica, Endowment.

Referencias

- American Council on Education. (2014). College and University Endowments. Retrieved on 2018-01-10 from <https://www.acenet.edu/news-room/Documents/Understanding-Endowments-White-Paper.pdf>
- Anagnostopoulos, K. P., & Mamanis, G. (2011). The mean-variance cardinality constrained portfolio optimization problem: An experimental evaluation of five multiobjective evolutionary algorithms. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14208–14217. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.233>
- Birge, J. R., & Louveaux, F. (2011). *Basic Properties and Theory - BOOK. Introduction to Stochastic Programming*. <http://doi.org/10.1007/978-1-4614-0237-4>
- Yu, L.-Y., Ji, X.-D., & Wang, S.-Y. (2003). Stochastic Programming Models in Financial Optimization: A Survey. *Advanced Modelling and Optimization*, 5(1), 1–26.

-- --

20- #572 MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA MICROEMPRESA DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES

Diego León Peña Orozco,

Corporación universitaria Minuto de Dios, dpena@uniminuto.edu.co

Mauro Steban García Largo,

Corporación universitaria Minuto de Dios, mgarcialarg@uniminuto.edu.co

Juan Diego Plaza Cano Correo
Corporación universitaria Minuto de Dios,
jplazacano@uniminuto.edu.co

Resumen

A través de los años y con la evolución de las organizaciones, el inventario ha ido tomando un papel esencial en función a los costos y actividades operativas de cada empresa. Es así como surge la gestión de inventarios, como una herramienta para hacer frente a los periodos de escasez, y que permite asegurar la permanencia del negocio y el desarrollo de sus actividades operativas (Durán, 2012). La gestión de los inventarios, sugiere identificar el comportamiento de la demanda, de tal manera que permita establecer un modelo de pronósticos que la represente de la mejor manera. En este sentido seleccionar el modelo de pronóstico se vuelve determinante a la hora de tomar decisiones de cantidades a pedir, la frecuencia del pedido y los productos de reposición de inventario. Cada una de estas decisiones tienen un impacto en el costo de mantener un inventario, este valor del inventario representa capital de trabajo que puede afectar la sostenibilidad de la organización.

Los riesgos relacionados con el deterioro de productos, los daños por manipulación, las condiciones de almacenamiento, entre otros, se incrementan en la medida en que se disponga de inventario que no responda a criterios que garanticen su adecuada rotación. La gestión de inventarios se convierte en una herramienta para mejorar el desempeño incluso de los ingresos en la compañía, toda vez que, si se dispone de inventario adecuado, en la cantidad correcta y en el momento que se necesita, se puede mejorar el nivel de servicio definido por (Cortés, 2014) como la capacidad de la organización para suplir la demanda o pedido de sus clientes sin ningún inconveniente de plazos o disponibilidad de producto, y por ende mejorar los ingresos.

En este trabajo, se aborda un problema de gestión de inventarios en una comercializadora de productos de alimentos concentrados, cuya operación consiste en identificar la demanda de los productos, aprovisionarse adecuadamente de sus proveedores y lograr atender las ventas al menor costo posible. Se propone un modelo de gestión de inventarios, que involucra el pronóstico de la demanda y la formulación de un modelo matemático que permita disminuir el costo total relevante, entendido como los costos que combinan el

artículo, costos de colocación de pedidos (organización del proceso), costo de mantenimiento y costo de agotamiento (escasez) de existencias (Noori, 1997).

-- -- --

21- #1056 ENTERPRISE WIDE OPTIMIZATION - INTEGRATED FINANCIAL & INDUSTRIAL OPERATIONS PLANNING

Jesus Velásquez-Bermúdez

Chief Scientist

DecisionWare & DO Analytics

jesus.velasquez@decisionware.net

Resumen

La conferencia describe las características generales de la integración de un modelo financiero (ALM, Assets Liabilities Management) con los modelos estratégicos de planificación de la cadena de abastecimiento: i) diseño de la cadena de abastecimiento (Supply Chain Design, SCD), ii) planificación integrada de producción y ventas (Sales & Operations Planning, S&OP) y iii) optimización de la cadena de demanda (Demand Chain Optimization, DCO) (ventas y marketing); y su uso para planificar integradamente la gestión financiera de la cadena suministro (Financial Supply Chain Management, FSCM).

Este enfoque holístico se centra en la colaboración de todas las funciones dentro de la cadena de valor económico de la organización. A pesar del beneficio económico que genera la optimización matemática, todavía no se ha generalizado el reconocimiento de la importancia de integrar los procesos de toma de decisiones basados en optimización.

La conexión de los modelos financieros (ALM) con modelos de operaciones (SCM, S&OP y DCO) genera, automáticamente, los estados financieros: i) pérdidas y ganancias, ii) flujo de efectivo y iii) el balance de activos y pasivos; lo que se hace generalmente basado en un procesamiento posterior independiente que consume tiempo y esfuerzo de los planificadores. Como una mejora sustancial para la toma de decisiones, un modelo integrado, permite optimizar:

Flujo de efectivo, la gestión de tesorería, capital de trabajo, gestión fiscal (repatriación de capital, dividendos, pago anticipado de pasivos, ...), precios de Transferencia y análisis de riesgo financiero corporativo.

Lo descrito corresponde a los fundamentos del modelo **OPCHAIN-S&OP/ALM** desarrollado por DecisionWare.

Palabras clave

Advanced Analytics, Mathematical Programming, Enterprise Wide Optimization, OPCHAIN-S&OP/ALM.

-- -- --

22- #1064 LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO CON EL USO DEL CONTRATO DE REBATES EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO MULTI ESLABÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES FRUTÍCOLAS

Esteban Garzón Sánchez

Ingeniería industrial, Universidad del Valle, Colombia,
esteban.garzon@correounivalle.edu.co

Estefania Toro Morales

Ingeniería industrial, Universidad del Valle, Colombia,
estefania.toro@correounivalle.edu.co

Diego Leon Peña Orozco

Ingeniería industrial, Universidad del Valle, Colombia,
diego.l.pena@correounivalle.edu.co

Leonardo Rivera Cadavid

Ingeniería industrial, Universidad del Valle, Colombia,
leonardo.rivera.c@correounivalle.edu.co

Resumen

La coordinación de la cadena de suministro se plantea no sólo como una estrategia para alcanzar resultados globalmente más eficientes, sino como una necesidad actual de las empresas para garantizar su continuidad. Ramdas y Spekman (2000) comentan que la falta de coordinación puede resultar en un desempeño inadecuado de cadena de suministro traducidos en pronósticos inexactos, baja utilización de la capacidad, inventario excesivo, servicio al cliente inadecuado, entre otros aspectos.

Los pequeños productores frutícolas colombianos tienen dificultades en la comercialización de sus productos señaladas por Santa Coloma, (2011) quien plantea algunos riesgos relacionados con la fluctuación de precios de insumos y de productos finales y altos costos de transacción y transporte, debido a los bajos niveles de oferta del pequeño productor.

Los contratos de suministro son mecanismos para regular la relación entre los socios que integran la cadena de suministro, y es aplicable a cadenas descentralizadas cuyas características se ajustan a las cadenas frutícolas. Los contratos establecen las condiciones en las cuales se relacionan comercialmente los integrantes de una cadena de modo tal que todas las partes obtengan mejores beneficios de manera individual y se mejore el desempeño total de la cadena, dentro de un escenario gana-gana. Los modelos de contratos de suministro y este caso particular el contrato de rebates, definen como parámetros críticos dentro de su diseño, el precio y la cantidad. Sin embargo, su enfoque está orientado a mejorar el desempeño financiero en términos de utilidad global de la cadena de abastecimiento. En este sentido esta investigación trata de vincular el mejoramiento de la utilidad global con el mejoramiento de los ingresos en los eslabones de la cadena, en particular en el eslabón productor. Se prevé alcanzar un mejor equilibrio en las relaciones de dominancia y asimétricas entre los eslabones, que se presentan en la actualidad.

Palabras clave

Cadena de abastecimiento, Integración de la cadena, Mecanismos de integración, Contratos de suministro, Contratos de rebate, productores frutícolas colombianos.

Referencias

- V. M. José. (2011). Los Contratos en la Gestión de la Cadena de Suministro: Una Revisión Master Organizacion Industrial y Gestión de Empresas.
- HU Long-ying, CHUNYU Yong-qi, JIANG Zhang-sheng. (2007). Research on the Coordination Mechanism Model of the three-level supply chain
- Y. G. Chen, W. Y. Zhang, S. Q. Yang, Z. J. Wang, S. F. Chen. (2014) Referral service and customer incentive in online retail supply Chain, Journal of Applied Research and Technology, 12.
- Sijie Li, Zhanbei Zhu, Lihua Huang. (2008) Supply chain coordination and decision making under consignment contract with revenue sharing.
- Rodríguez F, Bermúdez LT. (1996). Perfil y caracterización de la comercialización y consumo de feijoa en Boyacá. Agronomía Colombiana.XIII(1):56–62.

T. A. Taylor, (2002). Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects, *Management Science*, 992–1007.

M. Khouja and J. Zhou , (2009). The effect of delayed incentives on supply chain profits and consumer surplus, *Production and Operations Management*, 172–197.

Díaz. L, Bernal, M. (2016). Modelo de gestión de capacidades logísticas en la cadena de suministro agroindustrial frutícola en Bogotá. Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, facultad de ingeniería.

Miranda. D. (2011). Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 199-205, Outubro 2011.*

Farroni. M. (2013). Contratos agroindustriales: A la búsqueda del equilibrio entre el sector agropecuario y la industria. *Revista Pilquen. Sección Agronomía. Año XV, No 13, 2013*

Perfetti del Corral. M, Prada. C, Molina. L. (2016). 3re Censo nacional agropecuario. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Combariza, J. (2013). Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. Subdirección de Salud Nutricional Alimentos y Bebidas Ministerio de Salud y Protección Social Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO.

-- -- --

**23- #1068 ESTRATEGIA DE FLEXIBILIDAD
HÍBRIDA LABORAL EN LA PROGRAMACIÓN DE
PERSONAL: CASO APLICADO A LA INDUSTRIA
RETAIL**

Andrés Felipe Porto

*Departamento de Ingeniería Industrial, Corporación
Universitaria Americana, Colombia,
aporto@coruniamericana.edu.co*

César Augusto Henao

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del
Norte, Colombia, cahenao@uninorte.edu.co*

Héctor López-Ospina

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del
Norte, Colombia, hhlopez@uninorte.edu.co*

Esneyder Rafael González

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del
Norte, Colombia, eponzon@uninorte.edu.co*

Resumen

Este estudio evalúa los potenciales beneficios de incorporar flexibilidad laboral en la programación de personal. La metodología de solución desarrolla, de manera novedosa, una estrategia híbrida de flexibilidad laboral que combina las siguientes dos estrategias de flexibilidad: (i) *contratos flexibles*, los cuales permiten relajar la duración de los turnos y la cantidad de horas semanales que los empleados deben trabajar; y (ii) *personal polifuncional*, empleados entrenados para trabajar en múltiples tipos de tareas. Se propone un modelo de programación lineal entero mixto para determinar cuántos empleados se requieren en cada tipo de contrato, y cuántos de ellos serán empleados polifuncionales y en qué tipo de tareas.

Este modelo también determina simultáneamente cuántos empleados deben ser asignados diariamente a cada tipo de turno factible, y también el número de empleados que deben descansar en cada día de la semana. Resultados derivados de datos reales de una empresa de retail chilena, mostraron que la estrategia de flexibilidad híbrida propuesta entrega beneficios superiores en comparación a experimentos en los que no se consideró ninguna flexibilidad (i.e., sin contratos flexibles y sin polifuncionalidad), o incluso, comparado con experimentos que consideraron solo una de las dos estrategias de flexibilidad. Se encontró también que los incrementos en el número de empleados polifuncionales se producen principalmente por aumentos en la variabilidad de la demanda y no tanto por el aumento del tamaño de la tienda. En cuanto a la composición del personal, los resultados empíricos muestran que, en promedio, la proporción de empleados full-time con respecto a empleados part-time es de aproximadamente 1:3. También se muestra que los contratos más atractivos son aquellos que tienen turnos de trabajo de corta duración.

Palabras clave

Programación de personal; Flexibilidad laboral; Polifuncionalidad; Contratos flexibles; Industria retail.

-- -- --

**24- #1111 DISEÑO DE LA CADENA DE
SUMINISTRO PARA PRODUCTORES HORTÍCOLAS
DE CAJICÁ A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE
ROBUSTEZ**

Dairo Steven Muñoz Pinzón

*Programa de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
munoz.dairo@uniagraria.edu.co*

Mónica Alejandra Jiménez Méndez

*Programa de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
jimenez.monica@uniagraria.edu.co*

Andrés Polo Roa

*Programa de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria Agraria de Colombia, Colombia,
polo.andres@uniagraria.edu.co*

Resumen

La producción de hortalizas en Cajicá es uno de los principales motores que mueve la economía del municipio; existente más de 60 horticultores que se dedican a la producción de remolacha, cilantro, lechuga, coliflor entre otras hortalizas, llegando a alcanzar volúmenes de producción de hasta 12000 toneladas anuales (Bello, Jairo, Bello, & Cavalier, 2018). Existe un volumen importante de la producción de hortalizas en el municipio para el abastecimiento hacia la capital; sin embargo, los horticultores presentan dificultades al momento de realizar la comercialización, la cual, se hace principalmente con los intermediarios de la cadena; de acuerdo con la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural del municipio, una de las problemáticas del sector es la alta dependencia de intermediarios de la cadena, lo que deja bajos retornos de inversión a los agricultores (Alcaldía de Cajicá, 2018). Debido a la existencia de varios actores en la cadena de abastecimiento de alimentos y al manejo deficiente de ésta, se presenta una distribución inequitativa de las ganancias entre los agentes (Usuga Reina, 2013), por lo que, es necesario evaluar la participación de los diferentes actores para que exista una retribución equitativa, principalmente para los productores.

Una forma de evaluar la cadena de suministro es a partir de un análisis de robustez, con el que se puede determinar la mejor alternativa de diseño a partir de la

medición de indicadores previamente definidos (Tordecilla, Polo, Muñoz, & González, 2017). El presente estudio pretende diseñar la cadena de suministro para horticultores del municipio de Cajicá, para el estudio se construye un modelo matemático de Programación Entera Mixta (MIP) y se evalúa el mejor diseño a partir la metodología de análisis de robustez propuesta por Tordecilla et al (2017). Se pretende el diseño de cadena de que le permita a los horticultores la mayor retribución económica posible. Entre los resultados del estudio, se establecieron y evaluaron 7 configuraciones de cadena para la selección de la más robusta.

Como requerimientos de robustez se estableció la utilidad generada por la cadena y las emisiones de CO2 de los vehículos que se requieren para realizar el abastecimiento a los diferentes eslabones.

Palabras clave

hortícola, cadena de suministro, robustez, utilidad, Emisiones de CO2.

Referencias

- Alcaldía de Cajicá. (2018). *Respuesta Derecho de peticion No. 5117-2018*.
- Bello, N., Jairo, G., Bello, W., & Cavalier, G. (2018). Entrevista realizada a productores hortícolas del municipio de Cajicá. (M. Jimenez, & G. Pachon, Entrevistadores)
- Tordecilla, R., Polo, A., Muñoz, D., & González, L. (enero de 2017). A robust design for a Colombian dairy cooperative's milk storage and refrigeration logistics system using binary programming. *Internacional Journal Production Economics*, 710-720. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.019>
- Usuga Reina, M. L. (2013). *Logística de distribución de productos perecederos de economía campesina. Casos Fuente Oro, Meta y Viota, Cundinamarca*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/11408/1/790850.2013.pdf>

-- -- --

**25- #1118 ESTUDIO PARA LA LOCALIZACIÓN DE
CENTROS DE ACOPIO DE LLANTAS USADAS EN
EL CONTEXTO URBANO, EN LA CIUDAD DE
IBAGUÉ.**

María Alejandra Giraldo Rondón

*Ingeniería Industrial, Universidad de Ibagué,
Colombia, 2320152050@estudiantesunibague.edu.co*

Iveth Daniela Gutierrez Suarez
Ingeniería Industrial, Universidad de Ibagué,
Colombia, 2320141038@estudiantesunibague.edu.co

Jorge Enrique Gonzalez Lastra
Ingeniero Industrial, Universidad de Ibagué, Colombia,
jorge.gonzalez@unibague.edu.co

Andrés Alberto García León
Ingeniero Industrial, Universidad de Ibagué, Colombia,
andres.garcia@unibague.edu.co

Resumen

Esta investigación se basó en el desarrollo de un modelo multicriterio, con el objetivo de determinar la localización de un centro de acopio en la ciudad de Ibagué, teniendo como fin dar un adecuado tratamiento a las llantas que han terminado su vida útil, sin embargo, la deficiente gestión de los residuos sólidos impacta de manera negativa al medio ambiente y a la salud pública debido a que estos contaminan el agua, el aire, el suelo, generan proliferación de vectores y transmisión de algunas enfermedades. Actualmente en Ibagué no existe una planta para residuos sólidos para llantas, por ende, no existe un centro de acopio para las mismas. La dinámica que se llevó a cabo para el desarrollo de la investigación fue mediante las técnicas multicriterio, se empleó el método de la entropía, este se escogió debido a que se emplea en contextos de toma de decisiones en las cuales se presenta conflictos de interés, además, permite jerarquizar las alternativas sin orientación del decisor e incluso permite calcular pesos específicos de cada uno de los criterios. Para la elección de localización se tuvo en cuenta tres alternativas, las cuales se encuentran situadas en diferentes áreas a las afueras de la ciudad, las cuales son: Picalaña, Salado y Miramar y siete criterios, tales como, la disponibilidad de servicio eléctrico, cercanía de fuente de abastecimiento, tiempo de recorrido, estado de la malla vial, proyección de la población, precio de la bodega y el área. Los resultados de la simulación arrojaron que la mejor localización para ubicar el centro de acopio es en el sector del Salado ya que este obtuvo un mayor valor de utilidad al cual se le denominó (Ui). Finalmente, a través de este proyecto se genera una alternativa para la mitigación del problema de llantas en desuso el cual genera contaminación ambiental, del mismo modo, este proyecto resalta una contribución para la ciudad dado los impactos y beneficios que genera en los aspectos, ambientales, económicos y sociales.

Palabras clave

Logística inversa, Multicriterio, Localización, Centro de acopio y recuperación de llantas usadas.

Referencias

Aznar, J., & Guijarro, F. (2013). *Nuevos Metodos de Valoración - Modelos Multicriterio*. Valencia. España: Universitat de València.
OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/resources/envmanagement/es/
Villa, L. A., & Barreto, J. D. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta recicladora de llantas usadas en la ciudad de Ibagué*. Ibagué, Tolima.

-- -- --

26- #1133 ASIGNACIÓN DE VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE GRAMALOTE, NORTE DE SANTANDER: MODELO DE PROGRAMACIÓN ENTERA BINARIA Y REALIDAD

Angélica Sarmiento Lepsqueur
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,
Colombia, angelica.sarmiento@escuelaing.edu.co

Henry Alexander Leal Moreno
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,
Colombia, henry.leal@escuelaing.edu.co

María Lepsqueur Gossain
Asesora de participación Reasentamiento de Gramalote, Colombia,
marialepes@gmail.com

Resumen

En el municipio Gramalote, Norte de Santander, el 17 de diciembre de 2010 a causa del fenómeno La Niña (2010-2011), que azotó a gran parte del país, ocurrió una remoción en masa que destruyó el casco urbano, dejando sin vivienda a aproximadamente 1000 familias, es de anotar que la tragedia ambiental no solo fue causada por la acumulación de lluvias, sino también por otros factores que habían sido alertados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del 2002. El Gobierno Nacional se comprometió a atender a las familias damnificadas con un Plan Integral de Reasentamiento que incluía la construcción del nuevo casco urbano en un lugar que ofreciera garantías de seguridad y la asignación de vivienda de interés social (VIS) para los propietarios y viviendas de interés prioritario (VIP) para

las personas que habitaban en calidad de tenedores simples (arrendatarios).

El Fondo Adaptación contrató el diseño e implementación del plan con *Aecon Technical Services Inc.*, y éste a su vez, para la asignación de vivienda, diseñó una metodología, que, en este trabajo, será contrastada con un modelo matemático de asignación basado en programación entera binaria.

El modelo propuesto contempla la asignación de 100 viviendas, cumple con la mayoría de condiciones planteadas por el Fondo Adaptación y las establecidas por los representantes locales de Gramalote, y como resultado se obtienen 1314 puntos de satisfacción de la población damnificada siendo el máximo valor posible 1900. Finalmente, después de hacer el contraste con la metodología real, se evidencia que el modelo ofrece mejores garantías de satisfacción a la población atendida, que los sorteos tradicionales que se aplican actualmente; sin embargo, todas las bondades del modelo como herramienta para la preasignación de viviendas, se deben reforzar con ejercicios reales de participación ciudadana que permiten contemplar condiciones que en el modelo no son posibles prever.

Palabras clave

logística humanitaria, reasentamiento poblacional, modelos de optimización de asignación.

6. APLICACIONES IO EN PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

-- --

27- #968 SELECCIÓN MULTICRITERIO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS EMPLEANDO TOPSIS Y ANÁLISIS DE ROBUSTEZ EN LA SELECCIÓN MEDIANTE CONDORCET

Vivian Lorena Chud Pantoja

Ingeniería Industrial, Universidad del Valle Sede Zarzal, Colombia, vivian.chud@correounivalle.edu.co

Juan Pablo Orejuela Cabrera

Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Colombia, juan.orejuela@correounivalle.edu.co

Resumen

Definir la mejor alternativa de distribución de planta para una organización en un entorno dinámico, representa un proceso complejo, dado que este, por lo general debe satisfacer requerimientos de diferentes áreas, lo que genera la necesidad de involucrar múltiples criterios (Leyva, Salas, & Bacalla, 2016) (Ali Naqvi, Fahad, Atir, Zubair, & Shehzad, 2016).

Las herramientas multicriterio permiten encontrar una adecuada selección (Aiello, Enea, & Galante, 2006) (Azadeh & Izadbakhsh, 2008), estas emplean las valoraciones de las alternativas por cada criterio y los pesos de los criterios para aplicar algoritmos y así hallar un ranking o un conjunto de alternativas elite. Que depende en gran medida del valor dado a los pesos.

Sin embargo, en entornos dinámicos, la importancia de los criterios puede cambiar según los requerimientos del mercado. En organizaciones con poca o mediana flexibilidad las decisiones de configuración de planta no tienen el mismo dinamismo que tienen los criterios, en ese sentido, la presente investigación propone el uso del método Condorcet (Kasper, Peters, & Vermeulen, 2019) para la selección de una alternativa de planta robusta (Fernández & Escribano, 2003), que sea favorable en el mayor número de escenarios de pesos para los múltiples criterios.

Se valoraron un conjunto de alternativas de distribución en planta de una empresa metalmecánica, considerando unos criterios que buscan disminuir el flujo de materiales entre centros de trabajo, los costos de asignación y el número de centros de trabajo

divididos; y otros criterios que buscan balancear la utilización y la forma de las áreas.

Mediante la aplicación de métodos como SLP, CRAFT y QAP se generaron 13 alternativas de distribución de planta adicionales a la actual, las cuales ofrecían diferentes resultados con relación a las medidas de desempeño consideradas, es decir, a los criterios establecidos para la elección de la mejor distribución de planta. Posteriormente, se realizó un análisis de sensibilidad generando 10 escenarios mediante la variación de los pesos de los criterios y se utilizó la técnica TOPSIS en cada uno de los escenarios para obtener el ranking de las alternativas. Finalmente, se aplicó el método Condorcet para establecer la solución más robusta, es decir, aquella que tenía un mayor número de victorias en los diferentes escenarios. De esta manera, se obtuvo que la alternativa de distribución más robusta era CRAFT 2, siendo en promedio mejor que las otras en más de 5 escenarios.

Palabras clave: Distribución en planta, multicriterio, TOPSIS, Condorcet.

Referencias

- Aiello, G., Enea, M., & Galante, G. (2006). A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(5–6), 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.11.002>
- Ali Naqvi, S. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296>
- Austen-Smith, D., & Banks, J. S. (1996). Information Aggregation, Rationality, and the Condorcet Jury Theorem. *American Political Science Review*, 90(01), 34–45. <https://doi.org/10.2307/2082796>
- Azadeh, A., & Izadbakhsh, H. R. (2008). A Multi-Variate / Multi Attribute Approach for Plant Layout Design. *Journal of Industrial Engineering*, 15(2), 143–154.
- Fernández, G. M., & Escribano, M. del C. (2003). El análisis de la robustez y la ayuda a la decisión multicriterio discreta. *Asociación Española de Economía Aplicada, ASEPELT*, 41.
- Kasper, L., Peters, H., & Vermeulen, D. (2019). Condorcet Consistency and the strong no show

paradoxes. *Mathematical Social Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2019.03.002>
Leyva, M., Mauricio, D., Salas Bacalla, J., & Bacalla, J. S. (2016). Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. *Industrial Data*, 16(2), 132.
<https://doi.org/10.15381/idata.v16i2.11930>

-- -- --

28- #1063 OPTIMIZACIÓN DE LA SECUENCIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE TOSTIÓN EN UNA EMPRESA INDUSTRIALIZADORA DE CAFÉ TOSTADO

Joaquín Giraldo

Maestría en Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia, jhoracio.giraldo@udea.edu.co

Pablo Andrés Maya

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, pablo.maya@udea.edu.co

Resumen

En este proyecto se desarrolla una metodología que integra técnicas de optimización y herramientas computacionales para apoyar la secuenciación de la producción de café a ser transformando en el proceso de tostión, con el objetivo de suministrar a tiempo el producto procesado, al más bajo costo posible y cumpliendo con todas las especificaciones del proceso.

El proceso de transformación del café puede considerarse como una línea tipo *Flow Shop* (Abdollahpour & Rezaeian, 2015), donde n trabajos se secuencian en un conjunto de m máquinas, distribuidas en l etapas del proceso. Para el proceso de Tostión del café, los tostadores pueden ser vistos como máquinas paralelas no relacionadas (Peña, Garavito, Perez & Moratto, 2017), cuya programación para el cumplimiento de las necesidades de café tostado, se encuentra sujeta a unas restricciones de tiempos de desgasificación, de capacidad de proceso y de almacenamiento. Lo anterior limita la continuidad del flujo productivo, y hace compleja la toma decisión de cómo realizar la programación de la producción de manera eficiente.

Para dar solución a esta problemática se formula un modelo matemático y se implementa una herramienta de optimización que permite realizar la planeación

agregada semanal, buscando minimizar los costos de operación del proceso, y genere, además, la planeación detallada diaria por medio de un diagrama de Gantt (Leisten, 1990), buscando obtener los mínimos tiempos de entrega del café tostado requerido.

Palabras clave: Programación de la producción; Proceso de Tostión del Café; Modelo de Optimización.

Referencias

- Abdollahpour, S., & Rezaeian, J. (2015). Minimizing makespan for flow shop scheduling problem with intermediate buffers by using hybrid approach of artificial immune system. *Applied Soft Computing*, 28, 44-56.
- Leisten, R. (1990). Flowshop sequencing problems with limited buffer storage. *The International Journal of Production Research*, 28(11), 2085-2100.
- Peña Tibaduiza, E., Garavito Hernández, E. A., Perez Figueredo, L. E., & Moratto Chimenty, E. (2017). Revisión de la Literatura Sobre el Problema de Programación de "Flow Shop" Híbrido con Máquinas Paralelas no Relacionadas. *Ingeniería*, 22(1), 09-22.

-- -- --

29- #1095 MODELO DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA PARA LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN BESSIÈRES FRANCIA

Eliana Catalina Angarita Ustate

Ingeniería industrial, Universidad de la Sabana, Colombia, elianaanus@unisabana.edu.co

Paula Sofia Castro Acevedo

Ingeniería industrial, Universidad de la Sabana, Colombia, paula.castro1@unisabana.edu.co

Natalia Ximena Martínez Pulido

Ingeniería industrial, Universidad de la Sabana, Colombia, nataliamapu@unisabana.edu.co

Erika Yicet Molano Bolívar

Ingeniería industrial, Universidad de la Sabana, Colombia, erikamobo@unisabana.edu.co

Resumen

Este caso de estudio se ubica en la planta de tratamiento y recuperación de residuos del municipio de Bessières Francia. La planta conocida como UVE

(Unidad de Valorización energética), incinera en dos hornos los residuos domésticos no aprovechables de 153 municipios del norte de Haute-Garonne (Francia) junto a residuos provenientes de fuentes privadas y los transforma en energía eléctrica y térmica. La planta tiene un contrato con la municipalidad para tratar y valorizar todos los residuos de los 153 municipios sin exceder una cantidad máxima anual de 192.000 Ton. Como la cantidad de residuos anual en los municipios no supera la cantidad máxima autorizada, la empresa puede recibir desechos de organismos privados, con lo cual aumenta sus ingresos por la recepción y el tratamiento de los residuos y por la energía adicional que puede ser generada y vendida (Castro, 2018).

Teniendo en cuenta la problemática, es necesario para la empresa determinar las cantidades de residuos de fuentes externas que puede recibir cada semana del año sin exceder la cantidad máxima autorizada. Así, se utilizó un modelo de programación entera mixta con el

objetivo de maximizar las cantidades de residuos recibidas por dichas fuentes. El modelo cuenta con variables positivas que representan la cantidad de toneladas a recibir de fuentes externas al igual que los residuos que quedan almacenados en la fosa semanalmente; y variables binarias las cuales tienen como objetivo representar las semanas de inactividad de los hornos. Además, el modelo tiene en cuenta las restricciones técnicas y de capacidad de la planta, la restricción de cantidad máxima anual autorizada y las restricciones de mantenimiento de los hornos de incineración. Para la parametrización del modelo, se realizó la estimación semanal de los residuos generados en los municipios a través de una serie de datos históricos de dos años (2017 -2018), a la cual se aplicaron diferentes métodos de pronóstico y se compararon usando el error medio absoluto ponderado (MAPE) (Ghiani, 2004). Se presentan los resultados del modelo obtenidos, se realiza un análisis de sensibilidad y uno de escenarios teniendo en cuenta las fluctuaciones del pronóstico. Como conclusión general del ejercicio, se afirma que el modelo presentado se ajusta a las condiciones y requisitos de la planta de valorización y permite hacer la planeación de su producción.

Palabras clave

UVE, Planeación De Producción, Programación Entera Mixta

Referencias

Castro (2018). *Comment perenniser une demarche d'amelioration continue pour reduire les attentes des camions qui dechargent dans une usine de valorisation des dechets?* Francia.

Ghiani, G. (2004). *Introduction to logistics systems planing and control*. England: John Wiley & Sons.

-- -- --

30- #1163 PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE INVENTARIOS CON TAMAÑOS DE LOTE POR PERIODOS SEGÚN EOQ Y PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA. CASO DE ESTUDIO, INVERSIONES DEAN.

Guillermo Andrés Duarte Suarez

Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, gduartes@unal.edu.co

Jersson Steven Castillo Romero

Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, jscastillor@unal.edu.co

Julian Felipe Moreno Guzman

Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, jufmorenoqu@unal.edu.co

Resumen

En el mercado nacional, por semestre se crean más de ciento cincuenta mil unidades productivas con un aumento semestral del 3%. Del total de las compañías que emprenden en Colombia, el primer año subsisten 55%, el segundo 41% y el tercero 31%, según el reporte dado por la Asociación de Emprendedores de Colombia (Asec). Dentro de las causas de este fenómeno, se encuentra la mala conducción operativa y dirección organizacional de las compañías, las cuales no saben cómo explotar su factor diferenciador. Sumado a esto, las Pymes y microempresas no consideran el manejo y control de los inventarios, dinámicas que pueden repercutir en problemas financieros por ser un costo pasivo latente que puede llevar a las compañías a la quiebra.

Este artículo propone una mejora en el método para la planificación de inventarios por periodos, cambiando el manejo y dando a conocer los costos asociados, tomando como caso de análisis la microempresa

productora de freidora DEAN S.A.S. Se utilizó un modelo de pronóstico de la demanda mixto con base en el modelo de Winters y la opinión experta del gerente de la compañía. Con el resultado de 173 freidoras con comportamiento periódico para 2019, se decide implementar la ecuación del CTR (Costo Total Relevante) en 7 de los componentes más importantes de la freidora SM 50-Gas para encontrar los costos asociados a la política actual de inventarios.

Se implementa la ecuación del EOQ (Economic Quantity Order), validada por el coeficiente de variación del pronóstico igual a 0.1671 que permite su uso, para que junto al nuevo tiempo entre pedidos $T_{(EOQ)}$ se determine que 3 de los 7 componentes deben pedirse en un horizonte de planeación superior. A los 4 componentes restantes se les aplicó el algoritmo de optimización entera mixta Wagner-Within, encontrando los valores de pedido en el año pronosticado que minimizan el CTR. Como resultados de la aplicación del método mejorado, se obtuvo una disminución del 24.51% y del 16.57% en el CTR mensual para los dos grupos de componentes.

Palabras clave

Pronóstico, Manejo de Inventarios, CTR, Optimización.

Referencias

Vidal C. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Editor: Comité Editorial – Universidad del Valle.

Torres M. & García P. (2017). Administración de inventarios, un desafío para las PYMES. *Inventio*, volumen (13), número 29.

Botero J. & Álvarez L. (2013). Caracterización de la gestión de pronósticos de demanda empresarial, estudio de caso Schott Pharmaceutical Systems Colombia. Universidad del Rosario.

-- -- --

31- #390 DISEÑO Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE RE-OPTIMIZACIÓN PARA EQUIPOS MÉDICOS EN EL CUIDADO A LA SALUD DOMICILIARIA

Julián Alberto Espejo-Díaz

Maestría en Diseño y Gestión de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana, Colombia,
julianesdi@unisabana.edu.co

Eduyn Ramiro López-Santana

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia,
erlopezs@udistrital.edu.co

William J Guerrero

Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana, Colombia,
william.guerrero1@unisabana.edu.co

Resumen

El cuidado a la salud domiciliar es una estrategia costo-efectiva de prestación del servicio de salud en el cual personal calificado visita y atiende pacientes en sus hogares en lugar de atenderlos en una instalación médica (Genet, Boerma, Kroneman, Hutchinson, & Saltman, 2012). De esa manera, la congestión en clínicas y hospitales se reduce, se evitan traslados innecesarios a instalaciones médicas aumentando la satisfacción de los pacientes. Debido al crecimiento y envejecimiento la población (World Bank, 2018), las solicitudes de este servicio se han incrementado (OECD, 2017) y por otra parte, el presupuesto en salud se ha disminuido, por lo que se deben reducir costos utilizando eficientemente los recursos disponibles (Fikar & Hirsch, 2017). El ruteo de equipos médicos es una decisión crucial que impacta significativamente los costos del servicio, la cual consiste en determinar la secuencia en que los equipos médicos visitarán a los pacientes asignados (Gutiérrez & Vidal, 2013). Por otra parte, esta decisión debe considerar las ubicaciones de los pacientes, la urgencia en su atención, horarios de trabajo de los equipos médicos y sus habilidades. Este trabajo presenta un modelo matemático que determina las rutas óptimas que deben seguir los quipos médicos, las cuales minimizan los tiempos de viaje de los equipos médicos y de espera de los pacientes

simultáneamente. Adicionalmente, el efecto de nuevas solicitudes, cancelaciones y la necesidad de re-optimizar las rutas es evaluado mediante un modelo de simulación multi-agente. Mediante el modelamiento computacional previamente descrito se diseñan y evalúan distintas políticas operativas. Resultados preliminares muestran que optimizando con mayor frecuencia conlleva a mejores niveles de desempeño, pero con costos operacionales más altos.

Palabras clave

Cuidado a la Salud Domiciliaria, ruteo, optimización, simulación basada en agentes.

Referencias

- Fikar, C., & Hirsch, P. (2017). Home health care routing and scheduling: A review. *Computers and Operations Research*, 77, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.019>
- Genet, N., Boerma, W., Kroneman, M., Hutchinson, A., & Saltman, R. B. (2012). Home Care across Europe - Current structure and future challenges. *World Health Organization*, 156.
- Gutiérrez, E. V., & Vidal, C. J. (2013). Home Health Care Logistics Management Problems: Framework and Research Perspectives. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(3), 173–182.
- OECD. (2017). *Health at a Glance 2017*. OECD. https://doi.org/10.1787/health_glance-2017-en
- World Bank. (2018). *Population ages 65 and above*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.65up.to>

32- #1065 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL APOYO A LA GESTIÓN, EL SEGUIMIENTO INDIVIDUAL Y LA EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA CARDIACA EN ADULTOS CON HIPERTENSIÓN, A PARTIR DE UNA METODOLOGÍA FUNDAMENTADA EN LA ENTROPIA PROPORCIONAL

Diego Mauricio Riaño Rodríguez

Ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia,
diego.rodriquez@campusucc.edu.co

Fredy Angarita Reina

Ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia,
Colombia, Fredy.angarita@campusucc.edu.co

Pedro Alberto Arias Quintero

Ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia,
Colombia, Pedro.ariasq@campusucc.edu.co

Elveny Laguado Jaimes

Enfermería, Universidad Cooperativa de Colombia,
Colombia, Elveny.laguado@campusucc.edu.co

Magda Liliana Villamizar Osorio

Enfermería, Universidad Cooperativa de Colombia,
Colombia, Magda.villamizar@campusucc.edu.co

Catalina Correa

Investigadora Grupo Insight, Colombia,
Insight.star@yahoo.com

Javier Rodríguez Velasquez

Director Grupo Insight, Colombia,
Grupoinsight2025@gmail.com

Carlos Morales Pertuz

Médico Clínica Country, Colombia,
carlosmpert@gmail.com

Frank Pernet

Médico Clínica Country, Colombia,
fpernet@clinicadelcountry.com

Resumen

La hipertensión arterial es una enfermedad común que influye directamente en el funcionamiento del corazón dando lugar a dilatación auricular, la cual propicia la aparición de arritmias supraventriculares y ventriculares. Además, la hipertensión arterial es el principal factor de riesgo de infarto de miocardio, accidente vascular cerebral, insuficiencia renal y muerte cuando no se detecta y trata oportunamente.

La teoría de los sistemas dinámicos caracteriza el estado y la evolución de los sistemas por medio de representaciones de sus variables dinámicas en el espacio de fases. La teoría de los sistemas dinámicos ha sido aplicada en la caracterización de diversos sistemas fisiológicos, como la dinámica cardiaca fetal y de adultos. Recientemente, Rodríguez y Cols, con base en la teoría de sistemas dinámicos, la teoría de la probabilidad y las proporciones de entropía,

desarrollaron un método de evaluación matemática de la dinámica cardiaca, que permite realizar diagnósticos en pacientes mayores de 21 años y establecer diferencias cuantitativas claras entre normalidad, enfermedad aguda y evolución entre estados, con base en información de los registros electrocardiográficos. (insight, 2016)

Con el desarrollo de aplicaciones u otros recursos asociados al manejo de tecnologías de información no se propone curar enfermedades, pero si ofrecer una solución que las haga más llevaderas.

En la investigación se desarrolla un sistema de información orientado a la web y adaptable a cualquier dispositivo, que permita apoyar la gestión y el seguimiento individual de información de cada paciente, así como la evaluación de la dinámica cardiaca en adultos con hipertensión, a partir de una metodología fundamentada en la entropía proporcional, esto con el fin de complementar el diagnóstico médico convencional.

El sistema de información permitirá a los usuarios con rol "Médico", acceder a un módulo que permita el análisis y toma de decisiones basados en modelos fisicomatemáticos que se orientan al estado de los pacientes en cuanto hipertensión arterial se refiere.

Palabras clave

Sistemas dinámicos, hipertensión, entropía, tecnologías,

Referencias

insight, G. (30 de Noviembre de 2016). <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/archivosmedicina/article/view/1775/2070>. Obtenido de <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/archivosmedicina/article/view/1775/2070>.

-- -- --

**33- #1102 PROTOTIPO DE SOPORTE A
DECISIONES LOGÍSTICAS DE RUTEO EN
ATENCIÓN MÉDICA DOMICILIARIA: APLICACIÓN
EN EL VALLE DE ABURRÁ, COLOMBIA**

Jorge I. Manrique

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de
Antioquia, Colombia, ivan.manrique@udea.edu.co

Elena Valentina Gutiérrez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, elena.gutierrez@udea.edu.co

Resumen

El incremento de la población y de la expectativa de vida en Colombia ha generado un aumento en las necesidades de prestación de servicios de salud, así como del desarrollo de nuevas herramientas para responder a dichos incrementos. La atención médica domiciliaria (HHC por sus siglas en inglés *Home Health Care*) es un servicio en el que personal asistencial capacitado viaja a los hogares de los pacientes, y aplica procedimientos médicos cumpliendo con una prescripción establecida. Esto implica tomar decisiones relativas a la asignación y secuenciación del personal teniendo en cuenta las características del servicio, y asegurando que los pacientes sean atendidos en las condiciones definidas. Dichas decisiones han sido estudiadas haciendo uso de métodos para el problema de ruteo de vehículos. En HHC, el problema consiste en asignar un conjunto de personal asistencial con características y habilidades determinadas, a un conjunto de pacientes. Algunas de las condiciones que deben considerarse son el tipo de personal, el tipo de paciente, la distancia de recorrido, entre otras, con el objetivo de diseñar la mejor ruta para tener un buen servicio y cumplir con dichas condiciones. El problema de ruteo de vehículos en HHC ha sido uno de los más estudiados, y la literatura evidencia el uso de diferentes métodos de formulación y solución. Con el objetivo de dar soporte a la toma de decisiones logísticas de ruteo en HHC en el contexto colombiano, en este trabajo se presenta un prototipo computacional que, basado en métodos aproximados, permite mejorar las métricas de desempeño del sistema, y agiliza el proceso de la decisión. El prototipo es aplicado con datos del servicio en el Valle de Aburrá, Colombia, y los resultados muestran las oportunidades de mejora en las métricas de desempeño, así como en los tiempos del proceso de toma de decisiones.

Palabras clave

Atención médica domiciliaria, Logística en asistencial, Prototipo informático.

Referencias

- Banco Mundial. (2017). Población total en Colombia 1960 - 2017. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?locations=CO>
- Echavarría, Vásquez, V., & Gutiérrez, E. V. (2017). Diseño de una herramienta computacional para la programación de personal asistencial en atención médica domiciliaria. Medellín, Colombia.
- Erdem, M., & Bulkan, S. (2017). A literature review on Home Healthcare Routing and Scheduling Problem. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment* Corresponding Author: Mehmet ERDEM *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 2(1), 19–33. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/386651>
- Espinal, A. C., Flórez, J. C., López, J. S., Ph, D., & Sc, M. (2011). Solving capacitated vehicles routing problems using graph theory. *Avances En Sistemas e Informática*, 8(3), 27–32.
- Fikar, C., & Hirsch, P. (2017). Home health care routing and scheduling A review. *Computers and Operations Research*, 77, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.019>
- Gutiérrez, E. V. (2010). Combined routing and staff scheduling problems in health care logistics.
- Tarantilis, C. D., Paraskevopoulos, D. C., Laporte, G., Repoussis, P. P., & Tarantilis, C. D. (2016). Resource Constrained Routing and Scheduling: Review and Research Prospects *Resource Constrained Routing and Scheduling: Review and Research Prospects. CIRRELT Working Paper*, 263(February), 737–754.

-- --

34- #1104 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE INTEGRACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA PLANEACIÓN Y OPERACIÓN DE REDES RURALES DE ATENCIÓN EN SALUD MATERNO PERINATAL EN CUNDINAMARCA

Manuel Ángel Camacho Oliveros

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Libre de Colombia, manuel.camachoo@unilibre.edu.co

Resumen

El sistema de salud colombiano presenta debilidades en la atención de madres gestantes, especialmente en

territorios rurales, pues existen limitaciones en el acceso a servicios de control prenatal de forma oportuna, así mismo, los programas de atención primaria en salud para madres en estado materno perinatal no son desarrollados de forma coordinada por las entidades que tienen a cargo su definición y operación. Existe una alta fragmentación de actores expresada en la débil coordinación e integración entre los niveles de atención en el territorio, lo que ha generado un bajo uso de la capacidad instalada en algunos hospitales o una congestión permanente en otros (Ocampo et al., 2013). De manera particular, la mejora en la gestión de las rutas de atención priorizadas por el Ministerio de Salud y la OMS como es el caso de la materno-perinatal, tiene prioridad en la formulación y desarrollo de políticas públicas para la mejora efectiva de los resultados de embarazos y prevenir la mortalidad materna y perinatal (MSPS. 2016) (OMS | s.f.) (Cáceres-Manrique, 2009).

El presente trabajo, hace parte del proyecto de investigación doctoral titulado: *Metodología para la planeación logística de redes rurales de atención en salud materno-perinatal*. El cual pretende responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo se desarrollan los procesos de articulación institucional para la planeación y operación de redes rurales de atención para madres gestantes en salud en Cundinamarca?, y ¿Cuáles son los factores que deben ser considerados para la planificación logística de redes de atención en salud a madres en estado materno – perinatal a nivel rural? Se describen los resultados de la caracterización realizada, a partir de la aplicación de técnicas multivariadas y de análisis de redes, se identifican los factores clave para la formulación de un modelo de planeación logística de redes rurales de atención en salud materno-perinatal.

Palabras clave: Gestión de operaciones en salud, planeación logística, materno perinatal, redes rurales de atención en salud.

Referencias

Cáceres-Manrique, F. de M. (2009). El control prenatal: una reflexión urgente. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 60(2), 165-170.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016, enero). *POLÍTICA DE ATENCIÓN INTEGRAL EN SALUD “Un sistema de salud al servicio de la gente”*. Recuperado de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/.../modelo-pais-2016.pdf>

Ocampo-Rodríguez, M. V., Betancourt-Urrutia, V. F., Montoya-Rojas, J. P., & Bautista-Botton, D. C. (2013). Healthcare systems and models, their impact on integrated networks of health services. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 12(24), 114-129.

OMS | Objetivos de Desarrollo del Milenio. (s. f.). Recuperado 22 de agosto de 2017, de WHO website: http://www.who.int/topics/millennium_development_goals/about/es/

Sinha, K. K., & Kohnke, E. J. (2009). Health Care Supply Chain Design: Toward Linking the Development and Delivery of Care Globally*. *Decision Sciences*, 40(2), 197-212. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2009.00229.x>

Torres, S., Gorbaneff, Y., & Contreras, N. (2005). Prioridades en la definición de límites entre aseguradoras y prestadores de servicios de salud: aproximación al régimen contributivo en Bogotá. *Gerencia y Políticas de Salud*, 4(9). Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/gerepolsal/article/view/2752>

de Vries, J., & Huijsman, R. (2011). Supply chain management in health services: an overview. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(3), 159-165. <https://doi.org/10.1108/13598541111127146>

8. FORMACIÓN EN INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

-- -- --
35- #803 APRENDIENDO INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES: UNA PROPUESTA MULTIPLATAFORMA

Juan David Carvajal Hernandez

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad ICESI, Colombia, juan030698@hotmail.com

Alejandro Bravo López

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad ICESI, Colombia, bravolalejandrol@gmail.com

Juan Esteban Gallo Plaza

Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad ICESI, Colombia, juanesteban3600@gmail.com

Christian David Flor Astudillo

Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad ICESI, Colombia, christiandavidfa6@gmail.com

Andrés Felipe Osorio Muriel

Profesor de tiempo completo, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad ICESI, Colombia, afosorio@icesi.edu.co

Juan Manuel Reyes García

Profesor de tiempo completo, Departamento Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC, Universidad ICESI, Colombia, jmreyes@icesi.edu.co

Andrés Alberto Aristizábal Pinzón

Profesor de tiempo completo, Departamento Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC, Universidad ICESI, Colombia, aaaristizabal@icesi.edu.co

Resumen

En el ambiente académico, los conceptos principales de la investigación de operaciones aún se siguen impartiendo haciendo uso de técnicas muy tradicionales, y que en la mayoría de los casos dificultan la apropiación de los conceptos, teniendo esto en mente, la apuesta de la Universidad ICESI fue integrar los saberes de los integrantes del programa de Ingeniería Industrial con los de los programas de Ingeniería de Sistemas y Telemática, para crear así poderosas herramientas de enseñanza aprovechando

las bondades de la tecnología moderna. En sí, el objetivo del proyecto es fomentar el aprendizaje y apropiación de los conceptos y saberes fundamentales de la investigación de operaciones, especialmente los problemas de optimización lineal, al proveer una plataforma globalmente accesible en la que cualquier interesado pueda enfrentarse a los problemas típicos de la disciplina, obteniendo y entendiendo sus soluciones y la forma de llegar a ellas. Existen en el mercado múltiples herramientas que se enfocan en solucionar problemas similares, el factor diferenciador del proyecto es su orientación especial hacia el aprendizaje de una forma gráfica y didáctica, que a menudo resulta más efectiva para la mayoría de los estudiantes modernos, es decir, no se busca solo enunciar una solución al problema, sino mostrar cómo llegar a ella.

La implementación inicial del proyecto busca incluir tres técnicas de solución fundamentales en el desarrollo de la investigación de operaciones, cada una con sus propios méritos y características. Primero, el método gráfico, limitado a dos variables, permite la ilustración de los conceptos fundamentales de la programación lineal. La segunda, una variación del método de punto interior, permite llegar a una aproximación cercana a la solución recorriendo el interior de la región factible de forma iterativa. El último, una variación del conocido algoritmo Branch & Bound, famoso por ser capaz de solucionar problemas de naturaleza entera.

Palabras clave

Optimización, Aprendizaje, Programación, Algoritmos

Referencias

- Fourer, R. (2005) Optimization Methods III: Solving Linear Programs by Interior-Point Methods, Notas de clase, Northwestern University Evanston, Illinois. Agosto 26, 2005.
- Hicklin et al., (2012) Jama Matrix Library (1.0.3)[Distribución.jar].<https://math.nist.gov/javanumerics/jama/>
- Hillier & Lieberman. (2010). Capítulo 11: Programación entera. In McGraw-hill education (Ed), Introducción a la investigación de operaciones (pp.): McGraw-Hill Education.

-- -- --

**36- #974 SIMPOD: UNA HERRAMIENTA
INTERACTIVA PARA EL APRENDIZAJE DEL
MÉTODO SIMPLEX**

Claudia Johana Agudelo Arango
*Programa de ingeniería Industrial, Universidad ICESI,
Colombia,*
cjohana031@outlook.com

Andrea Mendoza Cruz
*Programa de ingeniería Industrial, Universidad ICESI,
Colombia,* andreamendozacruz@hotmail.com

Daniela Llano Lozano
*Programa de ingeniería de Sistemas, Universidad
ICESI, Colombia,*
daniela08699@gmail.com

Luis Fernando Muñoz Morales
*Programa de ingeniería de Sistemas, Universidad
ICESI, Colombia,*
luis.f.er1999@hotmail.com

Andrés Felipe Osorio Muriel
*Profesor de tiempo completo, Departamento de
Ingeniería Industrial, Universidad ICESI, Colombia,*
afosorio@icesi.edu.co

Juan Manuel Reyes García
*Profesor de tiempo completo, Departamento
Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC,
Universidad ICESI, Colombia,* jmreyes@icesi.edu.co

Andrés Alberto Aristizábal Pinzón
*Profesor de tiempo completo, Departamento
Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC,
Universidad ICESI, Colombia,*
aaaristizabal@icesi.edu.co

Resumen

Actualmente, la tecnología tiene un importante rol en la educación y puede revolucionar el papel de los docentes modernos, por esta razón surge la necesidad de una herramienta multiplataforma orientada al aprendizaje de la investigación de operaciones por medio de la solución de problemas en un ambiente interactivo. Para dar solución a esta cuestión, se propone la creación de una herramienta amigable con el usuario que permita dar apoyo a los métodos de enseñanza con un enfoque didáctico. SIMPOD tiene

como objetivo general brindar un soporte al aprendizaje de la programación lineal por medio de la tecnología, teniendo como base la implementación del método Simplex, el cual sigue siendo uno de los principales algoritmos utilizados para resolver problemas de programación lineal. Como objetivo específico el equipo ha diseñado dos modos de ingreso de los datos; gradual, en donde son proporcionados de manera explícita y tabular, a través de una matriz. Además, el módulo cuenta con una explicación secuencial del algoritmo iterativo que el método Simplex usa para mejorar la solución en cada paso, con lo cual se pretende que el usuario interiorice los conceptos principales utilizados en este método analítico. Algunos prototipos del módulo han sido implementados en los cursos de investigación de operaciones de la Universidad Icesi con resultados prometedores, lo que motiva al proyecto a su mejoramiento continuo.

Palabras clave

Optimización, Interactivo, Aprendizaje, Algoritmos, Programación

Referencias

Hicklin et al., (2012) Jama Matrix Library (1.0.3) [Distribución .jar]. Retrieved from: <https://math.nist.gov/janumerics/jama/>

Hillier & Lieberman. (2010). Capítulo 4. Solución de problemas de programación lineal: método simplex. In McGraw-hill education (9d), Introducción a la investigación de Operaciones (pp. 81- 133)

Taha, H. A. (2007). Capítulo 3. Método simplex y análisis de sensibilidad. In Pearson (9 Ed), Investigación de operaciones (pp. 69- 136)

9. HEURÍSTICAS Y METAHEURÍSTICAS

-- -- --

37- #257 OPTIMIZACIÓN POR ENJAMBRE DE PARTÍCULAS DE CONVERGENCIA GARANTIZADA (GCPSO) DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL CENTRO DE LUZ DE UN PUENTE VIGA CAJÓN CONSTRUIDO EN COLOMBIA

Luis Francisco Rincón

Maestría en ingeniería civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia, luisrinconprada@hotmail.com

Oscar Javier Begambre

Profesor titular, Universidad Industrial de Santander, Colombia,

Francisco Javier Ortiz

Ingeniería civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia,

Resumen

El desarrollo del diseño de un puente viga cajón es un proceso complejo debido a la cantidad de variables involucradas y los métodos tradicionales de diseño son incapaces de determinar la mejor solución, por lo tanto, se presenta la optimización por enjambre de partículas de convergencia garantizada (Bergh & Engelbrecht, 2002) (GCPSO) como una alternativa en la búsqueda de soluciones al problema. Al principio un modelo matemático de la optimización es planteado, en donde el área de la sección del puente viga cajón es tomado como función objetivo. El tamaño máximo de la sección, el acero de refuerzo, acero de preesfuerzo y el recubrimiento del acero se tendrá en cuenta como restricciones constantes del problema tomados de los planos de diseño de un puente viga cajón existente y se consideran los efectos a largo plazo sobre el concreto. El método metaheurístico GCPSO es usado para resolver el problema de optimización de diseño, determinando distintas secciones con resultados óptimos. Se verifican las secciones obtenidas con las normas de diseño utilizadas en el puente elegido para determinar la viabilidad del método planteado. Se realiza un análisis comparativo de los resultados de geometría obtenidos con el puente existente en donde se observan reducciones en área de concreto de 23.9%.

Palabras clave

Puente viga cajón, optimización heurística, GCPSO, sección transversal

Referencias

Bergh, F. van den, & Engelbrecht, A. P. (2002). A new locally convergent particle swarm optimiser. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (Vol. 3, p. 6 pp. vol.3). <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2002.1176018>

-- -- --

38- #370 APLICACIÓN DE RECOCIDO SIMULADO AL PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PARA VEHÍCULOS SUJETOS A FALLAS

Eduyn R. Lopez Santana

Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, erlopezs@udistrital.edu.co

Carlos Franco

Escuela de Administración, Universidad del Rosario, Colombia carlosa.franco@urosario.edu.co.

German Mendez Giraldo

Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, gmendez@udistrital.edu.co

Resumen

El problema combinado de ruteo y mantenimiento es un problema que se ha estudiado recientemente en la literatura y conduce a mejoras significativas en la confiabilidad de una instalación o una red de distribución. Este problema determina el conjunto de operaciones, intervalos de tiempo y recursos (personal, suministros y repuestos) necesarios para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento (Duffuaa, 2000). López-Santana et al. (2016) presentan el problema de optimización de mantenimiento y ruteo combinado para la planificación y programación de operaciones de mantenimiento preventivo para un conjunto de máquinas distribuidas geográficamente, sujeto a fallas no determinísticas con un conjunto de técnicos que

realizan operaciones de mantenimiento preventivo y reparación en las máquinas en los sitios del cliente dentro de una ventana de tiempo y un horizonte de planificación específicos.

Este trabajo se centra en el problema de la planeación y programación de operaciones de mantenimiento preventivo para un conjunto de vehículos sujetos a fallas no determinísticas, donde el conjunto de vehículos sirve a un conjunto de clientes distribuidos geográficamente.

Esta situación tiene aplicaciones reales donde los vehículos viajan a través de largas distancias entre ciudades, lo que propicia una probabilidad de falla de componentes críticos de operación (Jbili, Chelbi, Radhoui, & Kessentini, 2018). Para resolver este problema, proponemos un método que combina una metaheurística de recocido simulado y un modelo de mantenimiento basado en un proceso estocástico para un solo vehículo. El modelo de mantenimiento consiste en un modelo de reemplazo que determina el número de operaciones de mantenimiento preventivo para los vehículos. Presentamos algunos resultados preliminares, comparándolos con el modelo de programación de enteros mixtos para un conjunto de instancias.

Palabras clave

Ruteo, mantenimiento, modelo de reemplazo, recocido simulado.

Referencias

- Duffuaa, S. O. S. (2000). Mathematical models in maintenance planning and scheduling. *Maintenance, Modeling and Optimization*, 39–53. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4329-9_2
- Jbili, S., Chelbi, A., Radhoui, M., & Kessentini, M. (2018). Integrated strategy of Vehicle Routing and Maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 170, 202–214. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.09.030>
- López-Santana, E., Akhavan-Tabatabaei, R., Dieulle, L., Labadie, N., & Medaglia, A. L. (2016). On the combined maintenance and routing optimization problem. *Reliability Engineering & System Safety*, 145, 199–214. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.09.016>

-- -- --

39- #373 IMPLEMENTACIÓN DE UN HEURÍSTICO PARA MINIMIZAR EL DESPERDICIO DEL CORTE DE BARRAS DE ACERO POR MEDIO DE UN PROCEDIMIENTO ALMACENADO DEL MOTOR DE BASES DE DATOS MYSQL

Ricardo Parra Góngora

Programa MBA, Escuela de Organización Industrial, España, dir.operaciones@almasa.com.co

José Alcides Romero Martínez

Programa Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Colombia, jose.romero@uan.edu.co

Resumen

La optimización del corte de barras ha sido un problema tratado a nivel internacional por diferentes autores como: Gracia (2010), Wavrzynczak, Ulbricht & Teixeira (2015), Palacios & Vivanco (2016), Ochoa (2014), Morales (2017) y a nivel nacional por Vidal (1988), Duque (1988) y Martínez, H. (2013) quienes han planteado diferentes técnicas del campo de la investigación operativa para abordar este problema.

Entre dichas técnicas cabe notar las ventajas del empleo de los heurísticos como estrategia para obtener soluciones de buena calidad en problemas de optimización; el presente trabajo propone un heurístico basado en la forma como un operario hábil y consciente de la necesidad de hacer un uso racional de la materia prima utilizaría las barras disponibles en inventario para realizar los cortes requeridos por el pedido de barras.

El principio del heurístico consiste en ir seleccionando del inventario de despuntes la barra más corta posible para satisfacer los ítems del pedido (cartilla de figuración) empezando por los cortes requeridos de mayor longitud en orden descendiente. Si la longitud del ítem del pedido supera la máxima longitud disponible del inventario de despunte, entonces se utilizará una barra de longitud comercial (12 metros).

La anterior regla se plantea como un heurístico que consiste en una serie de once pasos que se implementan por medio de un procedimiento almacenado del motor de base de datos MySQL como parte de una aplicación computacional dirigida a empresas del sector de la figuración del acero para generar ordenes de corte.

A manera de conclusión se puede resaltar las siguientes ideas: El modelo propuesto no está limitado a patrones de corte preestablecidos los cuales restringen las posibilidades de corte que se pueden obtener, además contempla la disponibilidad de barras de diferentes longitudes para ser cortadas de acuerdo a los requerimientos de la demanda.

Palabras clave: MySQL, Heurístico, Corte, Procedimiento Almacenado

Referencias

- Gracia, C. (2010). Métodos y Algoritmos para resolver problemas de Corte unidimensional en entornos realistas. Aplicación a una empresa del Sector Siderúrgico. *Departamento de Organización de Empresas Universidad Politécnica de Valencia*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7530/tesisUPV3250.pdf>
- Martínez, H. (2013). Otro Modelo para el Corte de Varillas, *Heurística*, Vol.6, 44-48. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/6358/1/Heuristica06-A05.pdf>
- Morales, C. (2017). Resolución Exacta y Heurística del Problema de Cortes de Barras. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, España*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91597/fichero/TFG+Carlos+Morales+Fernandez.pdf>
- Ochoa, G. (2014). Optimización de Corte de Varillas de Acero de Construcción. *Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19839/1/tesis.pdf>
- Rivero, Gómez & Flórez (2005). Optimización de materiales mediante patrones de corte eficiente, Aplicación a la industria de la construcción. *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C, Revista Construcción y Tecnología, octubre 2005*.
- Wavrzynczak, Ulbricht & Teixeira (2015). Modelo matemático para cortes de barras de aço no processo de fabricação de triângulos. *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, HOLOS, Ano 31, Vol. 8*. <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3605/1326>

-- --

40- #1016 REVISIÓN DE MODELOS DE MÁXIMA COBERTURA PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE BOMBEROS

Daniel Orlando Martínez Quezada

Mcs en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, daniel.martinez5@correo.uis.edu.co

Andrea Carolina Sierra Hernández

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, acarosierra95@gmail.com

Nayla Yessenia Sanabria Lozada

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, nayla9420@gmail.com

Resumen

Esta investigación se enfoca en el problema de localización de cobertura máxima (MCLP por su sigla en inglés) aplicado a problemas de ubicación en instalaciones de emergencia, como las estaciones de Bomberos. Este problema se modela para el caso específico y se aborda con algoritmos evolutivos (EA), específicamente Algoritmos Genéticos (AG) siendo probados con instancias previas o con datos creados a través de software SIG. Los resultados obtenidos mediante la técnica mencionada se contrastan con otras Metaheurísticas clásicas como recocido simulado y búsqueda tabú, logrando identificar diferencias considerables.

Palabras clave

Localización, Máxima Cobertura, Bomberos, Metaheurística, Algoritmo Genético, Búsqueda Tabú, Recocido Simulado.

Referencias

- Alizadeh, R., & Tatsushi, N. (2018). Multi-period Maximal Covering Location Problem with Modular Facilities. *IEEE IEEM*, 76-79. doi:10.1109/ieem.2018.8607705
- Soumen, A., Sinha Mahapatra, P., & Mukhopadhyay, A. (2017). Solving maximal covering location problem using genetic algorithm with local refinement. *Soft Computing*, 3891- 3906. doi:10.1007/s00500-017-2598-3

-- -- --

41- #1040 EVALUACIÓN DE METAHEURÍSTICAS PARA CALIBRAR EL MODELO DE MICROSIMULACIÓN: TRANSMODELER.

Juan Sebastián Arias Hernández

*Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de
Pereira, Colombia, sebastianarias@sirius.utp.edu.co*

Resumen

Los microsimuladores de tráfico son herramientas ampliamente utilizadas en análisis de transporte (Hollander & Liu, 2008) debido a que permiten modelar las interacciones que presentan diferentes actores y elementos como son: vehículos, peatones, señales de tránsito e infraestructura, entre otros. De esta manera, se puede evaluar políticas que van desde la intervención de la red hasta la implementación de sistemas inteligentes de transporte con el fin de valorar los impactos de estas decisiones.

Para que las conclusiones de un microsimulador se puedan extrapolar a la realidad se debe garantizar que el software represente las condiciones de la zona de estudio adecuadamente, proceso denominado calibración (Balakrishna, 2007). Esto se logra a través de la metodología optimización basada en simulación (Ciuffo, Punzo, & Montanino, 2012), donde se minimiza la discrepancia entre las variables del simulador y las adquiridas en campo al modificar, de manera inteligente, los parámetros del simulador.

El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento de tres estrategias para buscar los parámetros que calibran el modelo de microsimulación TransModeler, estas son: una aproximación simultánea mediante una perturbación estocástica (SPSA), un algoritmo basado en enjambres de partículas (SO) y un algoritmo genético (AG). La zona del parque Olaya Herrera de Pereira se selecciona para llevar a cabo el estudio debido al alto flujo vehicular que presenta.

Los resultados muestran que el AG tiene un mejor desempeño que el SPSA y el SO. Este hallazgo es de resaltar puesto que en la literatura se reporta que éstos son los de peor desempeño. El SO explora el espacio de soluciones de manera amplia, algo que no ofrece mayor ventaja en los procesos de calibración debido al tiempo requerido. Además, los resultados se validan estadísticamente, práctica poco común en este tipo de investigaciones.

Palabras clave

Calibración, Microsimulación, Metaheurísticas, Optimización Basada en Simulación.

Referencias

- Balakrishna, R. et al. (2007). Calibration of Microscopic Traffic Simulation Models: Methods and Application. *Journal of the Transportation Research Board*, 1999, 198–207. <https://doi.org/10.3141/1999-21>
- Ciuffo, B., Punzo, V., & Montanino, M. (2012). The Calibration of Traffic Simulation Models Report on the assessment of different Goodness of Fit measures and Optimization Algorithms MULTITUDE Project – COST Action TU0903. *JCR Scientific and Technical Reports*. <https://doi.org/10.2788/7975>
- Hollander, Y., & Liu, R. (2008). The principles of calibrating traffic microsimulation models. *Transportation*, 35(3), 347–362. <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9156-2>

-- -- --

42- #1042 UN SQUIRREL SEARCH ALGORITHM DISCRETO APLICADO AL PROBLEMA JOB SHOP CON OPERADORES CALIFICADOS

Cesar Andrés López Martínez

*Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana
seccional Montería, Colombia,
cesar.lopezma@upb.edu.co*

Helman Enrique Hernandez Riaño

*Ingeniería Industrial, Universidad De Córdoba,
Colombia, hhernandez@correo.unicordoba.edu.co*

Resumen

El problema Job Shop Con Operadores Calificados (JSSO) es una extensión del problema general Scheduling Job Shop, en donde se busca minimizar el tiempo de terminación total de las tareas o Makespan. En esta situación, para realizar una tarea es necesario utilizar una máquina y un operador con la habilidad para desarrollarla. Las tareas se relacionan por medio de un grafo de precedencia la cual indica el orden en que estas se deben realizar. Cada tarea incurre en un tiempo de procesamiento conocido, no se permiten interrupciones. Este planteamiento es catalogado como un problema NP-HARD (Agnetis, Murgia, & Sbrilli, 2014).

Se aborda el problema descrito anteriormente implementando un método de solución aproximado

conocido como Squirrel Search Algorithm (SSA), el cual, se basa en la dinámica de búsqueda y de un mecanismo eficiente de movimiento conocido como "Planeo" de las ardillas voladoras presentes en el Sudeste asiático (Jain, Singh, & Rani, 2019). Para tal fin, se propone un esquema de codificación discreto basado en la regla Short Position Value (SPV) (Kumar & Vidyarthi, 2016), además se aplica un corrector de posición denominado Valid Particle Generator (VPG) (Chaudhry, Tapaswi, & Kumar, 2018) para generar programas de producción factibles. La asignación de los operadores se realiza por medio de la heurística First Fit (FF), la cual busca un balance en la carga de trabajo. Se utilizó el lenguaje R (R Core Team, 2019) para la codificación de la metaheurística y se coloca a prueba 32 problemas propuestos en la literatura. En estos momentos se está desarrollando la fase de experimentación para determinar la eficiencia de la herramienta propuesta.

Palabras clave: Job Shop Skilled Operators (JSSO), Metaheuristic, Valid Particle Generator (VPG).

Referencias

- Agnētis, A., Murgia, G., & Sbrilli, S. (2014). A job shop scheduling problem with human operators in handicraft production. *International Journal of Production Research*, 52(13), 3820–3831. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.831220>
- Chaudhry, R., Tapaswi, S., & Kumar, N. (2018). Forwarding Zone enabled PSO routing with Network lifetime maximization in MANET. *Applied Intelligence*, 48(9), 3053–3080. <https://doi.org/10.1007/s10489-017-1127-5>
- Jain, M., Singh, V., & Rani, A. (2019). A novel nature-inspired algorithm for optimization: Squirrel search algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 44, 148–175. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2018.02.013>
- Kumar, N., & Vidyarthi, D. P. (2016). A model for resource-constrained project scheduling using adaptive PSO. *Soft Computing*, 20(4), 1565–1580. <https://doi.org/10.1007/s00500-015-1606-8>
- Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

-- -- --
**43- #1094 UN NUEVO ALGORITMO GENETICO
PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE FLEXIBLE
JOB SHOP**

Sebastián Mateo Meza Villalba
*Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela
Colombiana de Ingeniería, Colombia,*
sebastian.meza@mail.escuelaing.edu.co

Carlos Rodrigo Ruiz Cruz
*Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela
Colombiana de Ingeniería, Colombia,*
carlos.ruiz@escuelaing.edu.co

Resumen

La programación de operaciones es uno de los problemas más críticos en la planeación y gestión de procesos de manufactura. La complejidad para encontrar la mejor programación depende del ambiente de producción de las máquinas, las restricciones propias del proceso y los indicadores de rendimiento (Wang, Du, & Ding, 2011). Uno de los problemas más importantes en esta área es el Flexible Job Shop Scheduling Problem (FJSSP) que es una extensión del Job Shop (JS) clásico; en el FJSSP una operación puede ser procesada en una máquina dado un grupo disponible de estas (Ben Hmida, Haouari, Huguet, & Lopez, 2010).

Dada la dificultad de encontrar una solución exacta para el FJSSP (Garey, Johnson, & Sethi, 1976) se formula un desarrollo por medio de un método metaheurístico: un algoritmo genético. Se propone una representación del cromosoma novedosa con dos sub - cadenas que codifican tanto la asignación de una máquina como un número entero que sirve como operador de desempate en la asignación de operaciones. La selección de cromosomas para el espacio de reproducción sigue los métodos de ranking lineal y torneo de tamaño n. Para el entrecruzamiento se adopta un operador de cruce múltiple aleatorio y como estrategia de mutación se reorganiza la sub - cadena de números enteros del cromosoma. Como criterio de parada se define el número de generaciones simuladas.

El rendimiento del algoritmo propuesto se mide con las instancias desarrolladas y presentadas por Brandimarte (Brandimarte, 1993) que se encuentran disponibles en OR Library (Mastrolilli, n.d.) con objetivo:

minimización del makespan. Se compara con otros autores los resultados obtenidos.

Se pudo demostrar que una codificación correcta del cromosoma, una adecuada aplicación y combinación de estrategias en operadores como selección, cruce y mutación y una selección aleatoria de población inicial conllevan a buenos resultados computacionales y experimentales en el FJSSP.

Palabras clave

Problema de Flexible Job Shop, makespan, algoritmo genético, representación de cromosomas, operaciones de mutación y cruzamiento.

Referencias

- Ben Hmida, A., Haouari, M., Huguet, M. J., & Lopez, P. (2010). Discrepancy search for the flexible job shop scheduling problem. *Computers and Operations Research*, 37(12), 2192–2201. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.03.009>
- Brandimarte, P. (1993). Routing and scheduling in a flexible job shop by tabu search. *Annals of Operations Research*, 41(3), 157–183. <https://doi.org/10.1007/BF02023073>
- Garey, M. R., Johnson, D. S., & Sethi, R. (1976). The complexity of flowshop and jobshop scheduling. *Mathematics of Operations Research*, 1(2), 117–129. <https://doi.org/10.1287/moor.1.2.117>
- Mastrolilli, M. (n.d.). Flexible job shop problem. [Http://www.ldsia.ch/~monaldo/%0Afjsp.html](http://www.ldsia.ch/~monaldo/%0Afjsp.html). Retrieved from <http://www.ldsia.ch/~monaldo/%0Afjsp.html>
- Wang, J. F., Du, B. Q., & Ding, H. M. (2011). A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem. In *Advanced Research on Computer Science and Information Engineering* (Vol. 152, pp. 332–339). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21402-8_54

-- -- --

44- #1105 DISEÑO DE UN ALGORITMO HÍBRIDO GENÉTICO PARA EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS CON RESTRICCIÓN DE RECURSOS (RCPSP).

Wilmer Buitrago Duarte

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
wilmerbd.94@gmail.com

Enrique Romero Gualdrón

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
enrique.romero@correo.uis.edu.co

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
cediazbo@uis.edu.co

Lina Mayerly Lozano Suarez

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
lina.lozano1@correo.uis.edu.co

Resumen

“Los problemas de planeación de proyectos son muy comunes en cualquier tipo de industria u organización, ya que pueden ser aplicados a la producción industrial, proyectos de construcción, prestación de servicios, actividades cotidianas y rutinaria, entre otras” (Rivera y Celín, 2010) en el sentido práctico, un proyecto “se programa bajo el método de ruta crítica tradicional (CPM) en el que los recursos se consideran ilimitados” (Hegazy, Shabeeb, Elbeltalgi y Cheema, 2000) pero en la realmente los recursos son limitados, por tal motivo, se adopta el modelo del Problema de Programación de Proyectos con Restricción de Recursos (Resource Constrained Project Scheduling Problem, RCPSP) el cual considera restricciones activas de precedencia y de recursos limitados. Actualmente, el RCPSP es uno de los problemas más importantes en el contexto de programación de proyectos” (Abbasi, Shadrokh y Arkat, 2006) como consecuencia de la restricción de recursos y el aumento del número de actividades a programar, se puede transformar en un problema de tipo NP-Hard (Blazewicz, Lenstra y Kan, 1983) por consiguiente, se han utilizado Heurísticas, Metaheurísticas e Híbridos para dar solución. Finalmente, el interés creciente en investigación de operaciones ha dado lugar a pasar de Metaheurísticas puras a Métodos Híbridos basados en diferentes estrategias Metaheurísticas para resolver el RCPSP (Pellerin, Perrier y Berthaut, 2019) por tal motivo en esta investigación se plantea una estrategia de Hibridación Integrativa, conformada por un Algoritmo Genético (GA) y un Recocido Simulado (SA) el cual intensifica la búsqueda en los vecindarios de cada mutación realizada, teniendo como función objetivo minimizar la duración del proyecto (makespan). Basado en Hwang y He (2006) una combinación adecuada de GA con SA proporciona una alternativa eficaz para problemas complejos de optimización

combinatoria además el uso híbrido de GA con SA mejora el rendimiento de GA para problemas de ingeniería.

Palabras clave

Problema de Programación de Proyectos, Restricción de Recursos, Algoritmo Genético, Recocido Simulado, Algoritmo Híbrido Genético.

Referencias

- Abbasi, B., Shadrokh, S., & Arkat, J. (2006). Bi-objective resource-constrained project scheduling with robustness and makespan criteria. *Applied Mathematics and Computation*, 180(1), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.11.160>
- Blazewicz, J., Lenstra, J. K., & Kan, A. H. G. R. (1983). Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity. *Discrete Applied Mathematics*, 5(1), 11–24. [https://doi.org/10.1016/0166-218X\(83\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0166-218X(83)90012-4)
- Hegazy, T., Shabeeb, A. K., Elbeltagi, E., & Cheema, T. (2000). Algorithm for Scheduling with Multiskilled constrained resources. *Engineering*, 126(December), 414–421.
- Hwang, S.-F., & He, R.-S. (2006). Improving real-parameter genetic algorithm with simulated annealing for engineering problems. *Advances in Engineering Software*, 37(6), 406–418. <https://doi.org/10.1016/J.ADVENGSOFT.2005.08.002>
- Pellerin, R., Perrier, N., & Berthaut, F. (2019). A survey of hybrid metaheuristics for the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.063>
- Rivera, J. C., & Celín, A. J. (2010). Algoritmo heurístico híbrido con múltiples vecindarios y recocido simulado para resolver el RCPSP Hybrid Variable Neighborhood and Simulated Annealing Heuristic Algorithm to Solve RCPSP. *Rev Fac Ing Univ Antioquia*, 56, 255–267.

-- -- --

45- #1119 ALGORITMO GENÉTICO PARA EL PROBLEMA DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS CON FLOTA HETEROGÉNEA CONSIDERANDO CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y RESTRICCIONES DE CARGA BIDIMENSIONAL

David Álvarez Martínez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, d.alvarezm@uniandes.edu.co

Luis Miguel Escobar Falcón

Ingeniería de Sistemas, Universidad Libre –Pereira, Colombia, luism.escobarf@unilibre.edu.co

John Willmer Escobar

Departamento de Contabilidad y Finanzas, Universidad del Valle, Colombia, john.willmer.escobar@correounivalle.edu.co

Mauricio Granada Echeverri

Programa de Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, Programa de Doctorado en Ingeniería, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, magra@utp.edu.co

Resumen

Este estudio integra el Problema de Enrutamiento de Vehículos con Flota Heterogénea, junto con el Problema de Carga de Contenedores Bidimensional (2L-FHFVRP), con el objetivo de reducir el consumo de combustible; basado en la distancia, los vehículos asignados, patrones de carga y el peso de la misma.

Un Algoritmo Genético Especializado es presentado para resolver el enrutamiento, manteniendo su característica principal: su fácil implementación. Mientras tanto, la restricción de ubicación de la carga en el contenedor, es validada a través de un algoritmo GRASP.

Se presenta un estudio computacional utilizando instancias clásicas, mostrando el ahorro alcanzado en términos de consumo de combustible. El algoritmo fue adaptado también para la minimización de distancia solamente, obteniendo un rendimiento adecuado, y mejorando algunas de las soluciones.

Palabras clave

2L-FHFVRP, 2L-HFVRP, Genetic Algorithm, GRASP, LIFO Constraint.

Referencias

- Liu, S., Huang, W., & Ma, H. (2009). An effective genetic algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(3), 434–445.

-- -- --

**46- #1135 UN ALGORITMO HÍBRIDO GENÉTICO
PARA LA SOLUCIÓN DEL JOB SHOP
MINIMIZANDO EL MAKESPAN**

Lina Mayerly Lozano Suarez
*Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad
Industrial de Santander, Colombia,*
lina.lozano1@correo.uis.edu.co

Fabián Alexander Torres Cárdenas
*Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad
Industrial de Santander, Colombia,*
fabian.torres1@correo.uis.edu.co

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez
*Escuela de Estudio Industriales y Empresariales,
Universidad Industrial de Santander, Colombia,*
cediazbo@uis.edu.co

Resumen

Actualmente las organizaciones necesitan ser competitivas, por lo tanto, la optimización de sus recursos es fundamental. En el área de gestión de operaciones, en algunas actividades es necesario secuenciar las operaciones de cada trabajo en las máquinas de tal manera que el tiempo de finalización de todas las operaciones, es decir, Makespan se minimice. Esto es frecuente en sistemas tipo taller, donde cada trabajo tiene su propio flujo y es común en empresas manufactureras que manejan una gran variedad de productos con bajos volúmenes de producción y su característica principal es que cada trabajo tiene su propio flujo. (Pezzella, Morganti, & Ciaschetti, 2008). Para representar el anterior sistema, se modela mediante el Job Shop donde dado un conjunto de trabajos n y un conjunto de máquinas m ; cada trabajo consiste en un conjunto de operaciones que tienen que ser procesadas en una específica secuencia; cada operación tiene que ser procesada en una máquina definida y tiene un tiempo de procesamiento el cual es conocido sujeto a las restricciones de que cada máquina puede procesar como máximo una operación a la vez y que cada operación necesita ser procesada durante un período de tiempo sin interrumpir en una máquina determinada.

El Job shop está entre los problemas de optimización combinatoria más difíciles de tipo Np-hard (van Laarhoven, Aarts, & Lenstra, 2008). Por tal motivo, se necesitan procedimientos eficientes para la búsqueda

de su solución. En este trabajo se propone un Algoritmo Híbrido Genético (AHG) que utiliza el Algoritmo de Recocido Simulado para generar parte de la población inicial.

Luego se validó el AHG con instancias y se comparó con diferentes enfoques propuestos en la literatura, arrojando buenos resultados para todos los tamaños de las instancias.

Palabras clave

Job shop, Recocido Simulado, Algoritmo Híbrido Genético.

Referencias

- Pezzella, F., Morganti, G., & Ciaschetti, G. (2008). A genetic algorithm for the Flexible Job-shop Scheduling Problem. *Computers & Operations Research*, 35(10), 3202–3212.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2007.02.014>
- van Laarhoven, P. J. M., Aarts, E. H. L., & Lenstra, J. K. (2008). Job Shop Scheduling by Simulated Annealing. *Operations Research*, 40(1), 113–125.
<https://doi.org/10.1287/opre.40.1.113>

-- -- --

**47- #1142 ALGORITMO GENÉTICO PARA EL
PROBLEMA DE FLOWSHOP DISTRIBUIDO Y
PERMUTADO CON ETAPA DE ENSAMBLE
CONSIDERANDO TIEMPOS DE ALISTAMIENTO
DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA, Y
FÁBRICAS HETEROGÉNEAS**

Silvia J. Dagovett-Cala
*Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de
Santander, Colombia,*
silvia.dagovett@correo.uis.edu.co

Susana Prada-Avellaneda
*Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de
Santander, Colombia,*
susana.prada@correo.uis.edu.co

Edwin A. Garavito-Hernández
*Escuela de Estudios Industriales y Empresariales,
Universidad Industrial de Santander, Colombia,*
garavito@uis.edu.co

Laura Y. Escobar-Rodríguez

Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
laura.escobar@correo.uis.edu.co

Resumen

Entre las estrategias corporativas, la adecuada gestión de la producción tiene una relevancia significativa en las empresas de manufactura debido a que, se enfocan en alinear factores como la calidad, velocidad, flexibilidad y costos de los procesos con los objetivos organizacionales.

De los problemas de optimización de procesos productivos existentes, el Flowshop es considerado importante, por su objetivo de minimizar los tiempos de producción; dado lo anterior, se encuentran diferentes variaciones de este problema, en donde se consideran parámetros y características diferentes para su estudio. De esta manera, como lo propone Hatami, Ruiz, & Andrés-romano (2015), el Flowshop Distribuido y Permutado con Etapa de Ensamble considerando tiempos de alistamiento dependientes de la secuencia (DAPFSP-SDST), es una adaptación del problema base que se caracteriza por tener dos etapas, en la primera etapa o etapa de procesamiento (DAPFSP), existen f fábricas con m máquinas que procesan n trabajos y elaboran todas los componentes que deben pasar a la segunda etapa o etapa de ensamble (SDST), donde una máquina M es la encargada de ensamblar estos componentes con el fin de obtener el producto final j . Considerando que, en la actualidad, la elaboración del producto final requiere del funcionamiento de más de una fábrica, en la presente investigación se aborda el DAPFSP-SDST contemplando fábricas heterogéneas (Correa González, Ortiz Delgado, & Garavito Hernández, 2017), es decir, tiempos de alistamiento y producción distintos para cada una de las fábricas que componen el sistema productivo. Para dar solución al problema en cuestión se desarrolla un Algoritmo Genético codificado en el software MATLAB, validado haciendo uso de instancias adaptadas de la literatura y finalmente, evaluado mediante análisis estadístico de los resultados.

Palabras clave

Flowshop distribuido y permutado, Fábricas heterogéneas, Algoritmo Genético.

Referencias

Correa González, M. E., Ortiz Delgado, D. F., & Garavito Hernández, E. A. (2017).
Hatami, S., Ruiz, R., & Andrés-romano, C. (2015). Int. J . Production Economics Heuristics and metaheuristics for the distributed assembly permutation flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times. *Intern. Journal of Production Economics*, 169, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.07.027>

-- -- --

48- #1144 EFICIENCIA ENERGÉTICA UN NUEVO ENFOQUE EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Camila Andrea Toro Correa

Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia
camilat1908@gmail.com

Fabián Alexander Torres Cárdenas

Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
fabian.torres1@correo.uis.edu.co

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Colombia,
cediazbo@uis.edu.co

Resumen

Bajo la presión ambiental y condiciones de eficiencia global, muchas empresas de manufactura se ven en la necesidad de adoptar medidas efectivas de ahorro de energía, en Colombia el sector industrial consume cerca del 25% de la energía total del país (DNP 2017). Sin embargo, las medidas ambientales, como el consumo de energía y la emisión de CO₂, rara vez se consideran en los problemas tradicionales de programación de la producción (Jiang et al., 2018).

Recientemente, los investigadores prestan cada vez más atención al problema de la programación de la producción relacionada con la energía, en especial a los problemas de optimización combinatoria de tipo Np-hard (Pinedo, 2012), en los que es difícil encontrar una solución óptima en tiempo computacional razonable, se hace necesario considerar en el problema plantear la programación de operaciones de forma que se alcance el uso eficiente tanto en consumo energético como en

el tiempo de finalización de la última tarea programada (Makespan) el cual es fundamental en la toma de decisiones en los procesos de fabricación. Por esto, en el presente trabajo se presentan los diferentes enfoques sobre el problema de programación de la producción con eficiencia energética. Dentro de los principales resultados se clasifican los diferentes objetivos de optimización como minimizar: el consumo energético asociado a la variación de velocidad de las máquinas, costo de consumo de energía y costo de tiempo de finalización, además se clasifican los diferentes métodos de solución: métodos exactos, heurísticas y meta heurísticas, siendo el Algoritmo genético (GA) el más utilizado.

Palabras clave

Eficiencia energética; algoritmos meta heurísticos; programación de operaciones.

Referencias

Jiang, T., Zhang, C., Zhu, H., Gu, J., & Deng, G. (2018). Energy-efficient scheduling for a job shop using an improved whale optimization algorithm. *Mathematics*, 6(11), 220.

-- -- --

49- #1023 UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE INDICES NODALES PONDERADOS DE ALIVIO DE CARGA EN TRANSMISIÓN USANDO PSO

Juan Esteban Sierra

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, juane.sierra@udea.edu.co

Jesús María Lopez Lezama

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, jmaria.lopez@udea.edu.co

Álvaro Jaramillo Duque

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, alvaro.jaramillod@udea.edu.co

Resumen

En este artículo se presenta una metodología para la ubicación óptima de generación distribuida (GD) en sistemas de potencia usando como métrica los índices nodales ponderados de alivio de carga en transmisión (WTLR por sus siglas en inglés). Estos índices son usados para evaluar el nivel de seguridad de un sistema de potencia ante contingencias N-1. Además,

los WTLR indican en que nodos se debe inyectar potencia para reducir sobrecargas bajo operación normal y en contingencia. Los valores de estos índices se utilizan para determinar nodos candidatos donde ubicar GD; esta última se modela como una inyección de potencia negativa en las barras donde es ubicada. Para guiar la ubicación de la GD se utiliza la metaheurística PSO (*Particle Swarm Optimization*). La metodología propuesta se valida en un prototipo representativo del sistema de potencia colombiano de 93 barras. Los resultados muestran que la ubicación estratégica de DG tiene un impacto positivo en la seguridad del sistema de prueba.

Palabras clave: Generación distribuida; índices ponderados de alivio de carga; PSO.

10. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

-- -- --

50- #1097 Modelo De Redes Neuronales En La Selección De Materiales Compostables Como Sustitutos Al Polietileno PELBD (LLDPE).

Steven Hernando Vargas Riaño

Programa Ingeniería Industrial, Universidad Sergio
Arboleda, Colombia,

stevenh.vargas@correo.usa.edu.co

Resumen

Actualmente, los polímeros tradicionales tienen una gran variedad de aplicaciones en la industria de los Single-Use Plastics. Estos productos son ampliamente aceptados por su bajo costo, comodidad, higiene y facilidad en su producción. Sin embargo, tiene dos grandes desventajas. La primera es que son extraídos de recursos no renovables como el petróleo, que cada día es más escaso y costoso. La otra desventaja es el tiempo que tardan en descomponerse en su totalidad, ya que pueden tardar desde décadas hasta siglos (Roland, Jenna R., & Kara, 2017). Con base en esto el siguiente estudio se enfocará en proponer un modelo de criterios múltiples basado en técnicas de redes neuronales para la selección de un sustituto orgánico del PELBD (LLDPE). Para este estudio partimos de varios supuestos: Las alternativas a estudiar son extraídos de la papa, yuca, aguacate y remolacha.

El proyecto tiene tres fases importantes: La primera fase es la identificación de las características morfológicas y químicas de cada material junto a sus posibles combinaciones viables con sustancias orgánicas por medio de una experimentación determinista. Hecha la experimentación, en la fase dos se usaron la metodología de entropía para jerarquizar las alternativas en cuestión, evitando el sesgo del decisor y cálculo de peso específico. Para esta fase se aplicó además una red neuronal de primer nivel con el propósito de reorganizar la información y reconocimiento de patrones. Finalmente, en la fase tres se estructurará una matriz de decisión criterios/alternativas para aplicar un análisis VIKOR y definir la opción "mas" viable.

Como resultado preliminar se encontró un patrón en las características del almidón de la papa y yuca en cuanto a su morfología, acceso, procesamiento y costos con una similitud de 98,5%. El modelo propuesto, tiene un Qj de 0.0 en la relación de decisores, demostrando que la técnica es muy más eficiente que las actuales aplicadas hasta en un 8%

Palabras clave

Compostable, Red neuronal, Entropía, Experimentación.

Referencias

175/2018C. (2018). "Por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones". Obtenido de Comisión Quinta Constitucional Permanente: <http://www.camara.gov.co/prohibicion-plasticos>
Roland, G., Jenna R., J., & Kara, L. (2017). *Production, use, and fate of all plastics ever made*. Obtenido de Science Advances Research Article: <http://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782/tab-pdf>

-- -- --

51- #1141 EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CALIDAD Y FERTILIDAD DE LOS SUELOS SOBRE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ (COFFEA ARABICA VAR. CASTILLO).

Deisy Carolina Lozano Suarez

Ingeniería Forestal, Universidad Industrial de Santander, Colombia, deisy.lozano@correo.uis.edu.co

Sandra Milena Díaz López

Ingeniería Forestal, Universidad Industrial de Santander, Colombia, sml Diaz@uis.edu.co

Rubén Carvajal Caballero

Ingeniería Forestal, Universidad Industrial de Santander, Colombia, rubenc@uis.edu.co

Lina Mayerly Lozano Suarez

Resumen

Los sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* var. Castillo) en la vereda Laguna de Ortices Municipio de San Andrés, se han constituido en fuentes de ingresos y empleo para los campesinos. Pero existen situaciones problemáticas en los rendimientos del cultivo del café de 4 a 7 años de edad y que van desde 0.20 a 0.45 kilogramos por planta. Esta heterogeneidad en la productividad puede tener como causa la calidad y nivel de fertilidad de los suelos. Por tanto, se considera como objetivo evaluar los efectos de la calidad y nivel de fertilidad del suelo sobre los sistemas agroforestales. Como proceso metodológico se seleccionaron 10 sistemas agroforestales ubicados en 10 fincas adscritas a la Asociación Agropecuaria Laguna de Ortices. En cada sistema agroforestal se evaluaron 4 variables físicas y 22 químicas del componente suelo. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, análisis de correlación y técnicas de análisis multivariante: análisis de componentes principales (ACP) y análisis clúster. Se realizó un PCA únicamente para variables químicas y luego se integraron las variables físicas. El CP1 mantiene calcio, magnesio, azufre, %SatBases, excluye manganeso y pH. El CP2 contiene nitratos, amonio, manganeso y conductividad eléctrica (CE) excluyendo hierro y la relación C/N. En el CP3 permanecen sodio, fósforo, materia orgánica, aparecen hierro, cobre y Sat Humedad; se excluyen nitratos, amonio y boro. El CP4 mantiene el potasio, incluye aluminio, boro, pH y C/N, excluye capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), cobre y C.E.

El análisis de clúster permitió la conformación de 4 grupos: 1 (fincas 9,1, 2, 3, 4 y 10), 2 (fincas 6 y 7), 3(finca 8) y 4 (finca 9). Este comportamiento permite inferir igualmente cuatro grupos de calidad de suelos y fertilidad, los cuales tienen una marcada influencia en el rendimiento del cultivo de café.

Palabras clave

Propiedades físicas y químicas; análisis multivariado; clúster; análisis de componentes principales; *Coffea arabica*.

Referencias

- Camacho Tamayo, J., & Luengas Gómez, C. (2010). Análisis multivariado de propiedades químicas en Oxisoles con diferentes niveles de intervención agrícola. *Acta Agronómica*, 59(3), 273–284. Retrieved from <https://doaj.org/article/9acb80ee8d9a4a7c9966409e7b3fd977>
- Rodríguez Garay, F. A., Camacho Tamayo, J. H., & Rubiano Sanabria, Y. (2016). Variabilidad espacial de los atributos químicos del suelo en el rendimiento y calidad de café. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 237–254. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a08.pdf>
- Sánchez, A. C., Cairo Cairo, P., Machado de Armas, J., Ruiz González, Y., Torres Artilles, P., & Dávila Cruz, A. (2008). Análisis multivariado de las propiedades de un suelo ferralítico rojo (oxisol), como base para la selección de indicadores de calidad. *Centro Agrícola*, 35(3), 17–23. Retrieved from <http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2095/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=bd537a07-901a-44c9-8202-4393554cd0bc%40pdc-v-sessmgr02>
- Vásquez Polo, J. R., Baena García, D., & Menjivar Flores, J. C. (2010). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en suelos de la granja experimental de la Universidad del Magdalena (Santa Marta, Colombia). *Acta Agronómica*, 59(4), 449–456. Retrieved from https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/20129/21217

-- --

52- #1161 DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA RED NEURONAL TIPO PERCEPTRÓN SIMPLE EN EXCEL PARA LA CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE PROVEEDORES EN LAS TIENDAS DE CONVENIENCIA DE YURIRIA, GUANAJUATO.

Iván Andrés Acevedo Arcila

Alumno de la Maestría en Administración de
Tecnologías, Universidad de Guanajuato, México,
ia.acevedoarcila@ugto.mx

Roberto Baeza Serrato

Docente Planta del Departamento de Estudios
Multidisciplinarios, Universidad de Guanajuato,
México, r.baeza@ugtomx.onmicrosoft.com

Resumen

Este artículo tiene como propósito el diseño y desarrollo de una red neuronal tipo perceptrón simple en Excel para la clasificación y selección de proveedores de acuerdo con los atributos establecidos para las tiendas de conveniencia en la industria del comercio minorista de la región de Yuriria, Guanajuato. La metodología utilizada para el desarrollo de dicha red neuronal consta de 10 etapas: 1) Definir los atributos pertinentes como variables de entrada para evaluar las tiendas de conveniencia, 2) Seleccionar los proveedores a ser evaluados, 3) Conceptualizar la variable de respuesta en forma binaria, 4) Diseñar la arquitectura de la red neuronal tipo perceptrón simple, 5) Establecer los patrones de entrenamiento en base al número de proveedores, 6) Entrenar la red con el algoritmo Delta, 7) Validar la red con nuevos proveedores, 8) Probar la red neuronal con un nuevo proveedor, 9) Analizar la clasificación obtenida, y por último, 10) Priorizar los proveedores en base a los resultados de la red. La arquitectura utilizada es tipo 5-1. Se utilizaron 7 patrones en la etapa de entrenamiento, 2 en la etapa de validación y 1 en la etapa de prueba. Se obtuvieron porcentajes de eficiencia del 100% en las tres etapas. El diseño propuesto de clasificación puede ser replicado en cualquier sector productivo o de servicios, para pequeñas y grandes empresas.

Palabras clave

Red Neuronal, Perceptrón Simple, Selección de Proveedores, Clasificación de Proveedores.

Referencias

Clark, J. W. (1999). Neural networks: New tools for modelling and data analysis in science. *In Scientific Applications of Neural Nets*, 1-96. Springer, Berlin, Heidelberg.

Grosan, C., & Abraham, A. (2011). Artificial Neural Networks. In: Intelligent Systems. *Intelligent Systems Reference Library*, 17. Springer, Berlin, Heidelberg.

Güneri, A. F., Ertay, T., & Yücel, A. (2011). An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14907-14917.

Kumar, J., & Roy, N. (2010). A hybrid method for vendor selection using neural network. *International Journal of Computer Applications*, 11(12), 35-40.

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain. *Kogan Page Publishers*.

Shapiro, R. D., & Heskett, J. L. (1985). Logistics Strategy: cases and concepts. *West Group*.

Žak, J. (2015). Comparative analysis of multiple criteria evaluations of suppliers in different industries. *Transportation Research Procedia*, 10, 809-819.

Žak, J., & Galińska, B. (2018). Multiple Criteria Evaluation of Suppliers in Different Industries - Comparative Analysis of Three Case Studies. In: Žak J., Hadas Y., Rossi R. (eds) *Advanced Concepts, Methodologies and Technologies for Transportation and Logistics*. EURO 2016, EWGT 2016. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 572. Springer, Cham <https://doi.org/10.1108/09600030910973751>

11. OPTIMIZACIÓN DISCRETA Y CONTINUA

-- -- --
**53- #256 ALGORITMO DE DESCOMPOSICIÓN
PARA EL PROBLEMA COMBINADO DE
PLANIFICACIÓN DE PERSONAL, RUTEO DE
VEHICULOS Y MANEJO DE INVENTARIOS**

Carlos Franco

*Escuela de Administración, Universidad del Rosario,
Colombia, carlosa.franco@urosario.edu.co*

Eduyn Lopez-Santana

*Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco
José de Caldas, Colombia, erlopezs@udistrital.edu.co*

Resumen

Los problemas de ruteo de vehículos y administración de inventarios son dos problemas interrelacionados en las redes de suministro, por ejemplo, en [1] los autores desarrollan una aplicación real de administración de inventario y manejo de transporte en una empresa de gas. En el presente trabajo se propone una extensión del conocido IRP agregando el problema de programación de personal incluyendo turnos de descanso, para el proceso de distribución de productos en una red logística. Es, por tanto, que el objetivo de esta aproximación es realizar el diseño de una red de distribución logística compuesta por un depósito central en el que en cada periodo de tiempo se toman decisiones de abastecer un conjunto de clientes a través de la administración de inventarios, donde esta distribución se realiza a través de una programación de flota vehicular y conductores. El objetivo del modelo matemático es minimizar los costos totales incurridos en la red logística. Se propone un algoritmo de descomposición por etapas interrelacionadas que permite disminuir los tiempos computacionales dado que es un problema NP-Hard.

Palabras clave

Decomposition Approach, Crew Scheduling, Inventory Routing Problem

Referencias

W. J. Bell *et al.*, "Improving the Distribution of Industrial Gases with an On-Line Computerized Routing and Scheduling Optimizer," *Interfaces*, vol. 13, no. 6, pp. 4–23, Dec. 1983.

-- -- --
**54- #279 FORMULACIÓN DE UN MODELO DE
OPTIMIZACIÓN LINEAL PARA LA
PROGRAMACIÓN DE CLASES EN UNA
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR
COLOMBIANA**

Daniella Cobo Vargas

*Programa Académico de Ingeniería Industrial,
Universidad del Valle, Colombia,
daniella.cobo@correounivalle.edu.co*

Julián Andrés Osorio Arcila

*Programa Académico de Ingeniería Industrial,
Universidad del Valle, Colombia,
julian.arcila@correounivalle.edu.co*

Carlos Alberto Rojas Trejos

*Programa Académico de Ingeniería Industrial,
Universidad del Valle, Colombia,
carlos.rojas.t@correounivalle.edu.co*

Julián González Velasco

*Programa Académico de Ingeniería Industrial,
Universidad del Valle, Colombia,
julian.gonzalez.v@correounivalle.edu.co*

Resumen

Timetabling también conocido como calendarización o programación horaria, es un área perteneciente a la rama de programación y control de operaciones. Según Wren (1996) el timetabling es la asignación de tiempo, sujeta a restricciones de los recursos dados a los objetos que se sitúan en el espacio-tiempo, de tal manera que satisfaga en lo posible un conjunto de objetivos deseables (Burke et al 2006).

Los problemas de calendarización en el sector educativo han tenido relevancia en la programación de horarios de evaluaciones (examination Timetabling), programación de horarios de clases para colegios (School Course Timetabling), programación de horarios de clases para instituciones de educación superior o universidades (University Course Timetabling), entre otros. De lo anterior, surge una rama específica encargada de este tipo de casos conocida bajo el nombre de Class Scheduling, la cual se encarga de

estudiar los problemas relacionados con la programación horaria para las entidades educativas (Deris et al., 2018).

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como propósito formular un modelo de optimización lineal en una institución de educación superior en Colombia que contribuya a la programación y asignación de docentes en los distintos espacios y horarios de clase. Para ello, se identificaron los principales factores que inciden en la programación de horarios, espacios de formación y la asignación de docentes. Posteriormente, se definen los conjuntos, parámetros, variables de decisión, restricciones y función de desempeño del modelo. Finalmente, por medio de la exploración de algoritmos exactos y metaheurísticos se realiza un análisis de resultados del modelo matemático y pos-óptimo del mismo; lo cual permite determinar el impacto que generan factores relacionados con la cantidad de estudiantes matriculados por curso, capacidad y cantidad de salones de clase y disponibilidad de docentes en la programación de actividades académicas.

Palabras clave

Timetabling, Optimización lineal, Programación de horarios, Asignación de docentes.

Referencias

- Wren, A. (1996). Scheduling, Timetabling and Rostering - A Special Relationship? *Lecture Notes in Computer Science* 1153(1153):46-75. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/3-540-61794-9_51.
- Deris S. B., Omatu S., Ohta H. and Samat P. A. B. D (2018). University Timetabling by Constraint-Based Reasoning. *Ingeniería y Ciencia*, vol. 12. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2018.2865931>
- Burke E. K., MacCarthy B. L., Petrovic S., and Qu R. (2006). Multiple-Retrieval Case-Based Reasoning for Course Timetabling Problems. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57 (2), pp.148-162.

-- --

55- #341 VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DE LA TRANSMISIÓN

Sergio Danilo Saldarriaga Zuluaga

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia

sergiodani89@hotmail.com

Jesús María Lopez Lezama

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia,

jmaria.lopez@udea.edu.co

Nicolás Muñoz Galeano

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, nicolas.munoz@udea.edu.co

Resumen

En este artículo se presenta una valoración del impacto de la generación distribuida (GD) en el Planeamiento de la expansión de la transmisión (PET). La GD se modela como una inyección de potencia negativa en las barras de carga de la red y se plantea un problema de programación lineal entera mixta (PLEM) para resolver el PET considerando diferentes escenarios de participación de GD. El modelo de PLEM es solucionado usando un software comercial. Se realizan pruebas en el sistema Garver de 6 barras y el sistema IEEE de 24 barras considerando diferentes precios de las nuevas líneas de transmisión. Los resultados muestran que el aumento de participación de la GD contribuye a la reducción del número de refuerzos en la red necesarios para atender la demanda futura. En este sentido, una alta participación de GD puede diferir proyectos de transmisión.

Palabras clave

Generación distribuida, planeamiento de la expansión de la transmisión, programación lineal entera mixta.

-- --

56- #427 ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE CÓMPUTO EN EL DESPACHO ECONÓMICO MULTIPERIDO CONSIDERANDO RESTRICCIONES DE SEGURIDAD N- 1 Y LA INCERTIDUMBRE DE FUENTES RENOVABLES INTERMITENTES

Cristian Camilo Marín Cano

Ingeniería eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, cristian1013@gmail.com

Juan Esteban Sierra Aguilar

Ingeniería eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, juane.sierra@udea.edu.co

Álvaro Jaramillo Duque

Ingeniería eléctrica, Universidad de Antioquia, Colombia, alvaro.jaramillod@udea.edu.co

Resumen

En la actualidad, uno de los aspectos fundamentales de los sistemas de potencia es la integración masificada de fuentes de energía intermitente (generación eólica y solar). No obstante, la incertidumbre de estos recursos impone desafíos técnicos para garantizar una operación confiable y segura del sistema (Park, Jin, & Park, 2018), (Huang, Zheng, & Wang, 2014). Esta tarea se garantiza a través del despacho económico multiperiodo con restricciones de seguridad (en inglés SCUC), un problema lineal entero mixto de alta complejidad computacional en sistemas a gran escala (Tejada-Arango, Sánchez-Martín, & Ramos, 2018).

Este artículo presenta una formulación alternativa del problema SCUC bajo incertidumbre (conocido como S-SCUC) (Park, Jin, & Park, 2018), abordado mediante la programación estocástica de dos etapas. En contraste con las formulaciones clásicas para modelar la red eléctrica, el uso de factores lineales de sensibilidad (PTDF y LODF) permite calcular flujos de carga (en operación normal y bajo contingencias) de forma rápida y confiable. El método propuesto (basado en el concepto de cortes de usuario) agrega solo las restricciones de seguridad (N-1) activas en el espacio de soluciones factibles del modelo S-SCUC. La relajación del modelo fue realizada a través de la técnica de descomposición por escenarios llamada Progressive Hedging (PH) (Ordoudis, Pinson, Zugno, & Morales, 2015; Ryan, Wets, Woodruff, Silva-Monroy, & Watson, 2013). Los resultados computacionales sobre

el caso de prueba IEEE RTS96 muestran que los factores lineales de sensibilidad, los cortes de usuario y la técnica PH, reducen considerablemente los tiempos de resolución del problema S-SCUC. Adicionalmente, es posible identificar las líneas más afectadas (sobrecargadas) ante las contingencias, y las contingencias más críticas en el sistema; información valiosa para la toma de decisiones durante los estudios de expansión del sistema de transmisión.

Palabras clave

Despacho económico con restricciones de seguridad; Programación estocástica; Progressive hedging; Cortes de usuario.

Referencias

- D. A. Tejada-Arango, P. Sánchez-Martín, & A. Ramos. (2018). Security Constrained Unit Commitment Using Line Outage Distribution Factors. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(1), 329-337. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2017.2686701>
- Huang, Y., Zheng, Q. P., & Wang, J. (2014). Two-stage stochastic unit commitment model including non-generation resources with conditional value-at-risk constraints. *Electric Power Systems Research*, 116(Supplement C), 427-438. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.07.010>
- Park, H., Jin, Y. G., & Park, J.-K. (2018). Stochastic security-constrained unit commitment with wind power generation based on dynamic line rating. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 102, 211-222. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.04.026>
- Ryan, S., Wets, R. J.-B., Woodruff, D., Silva-Monroy, C., & Watson, J.-P. (2013). *Toward scalable, parallel progressive hedging for stochastic unit commitment. En 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1109/PESMG.2013.6673013>

-- --

57- #1011 ¿CÓMO LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES PUEDE AYUDAR A AFRONTAR LOS RETOS QUE IMPONE EN LA CADENA DE SUMINISTROS LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE PRODUCTO COMO SERVICIO (PAAS) EN EL CONTEXTO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR?

Betzy Julianny Cárdenas Ibáñez

Grupo Incas, Universidad de Antioquia, Colombia, betzy.cardenas@udea.edu.co

Pablo Andrés Maya
Grupo Incas, Universidad de Antioquia, Colombia,
pablo.maya@udea.edu.co

Resumen

La economía circular nace como una alternativa viable al modelo económico actual, el cual está pensado y diseñado de manera lineal en el que se “Toma, hace, y desecha” lo cual a lo largo plazo no es rentable ni amigable con el medio ambiente. Muchos autores e investigadores han tratado de concebir el modelo económico desde otra perspectiva, es así que se comienza hablar de la economía circular como restaurativa y regenerativa, ya que está diseñada con el objetivo de mantener los recursos y componentes dentro del ciclo de producción, obteniendo de ellos el máximo provecho. Lo anterior implica nuevos desafíos para las empresas y disminución de impactos ambientales (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Para hacer frente a esas barreras las empresas deben estar dispuestas a implementar y aceptar modelos de negocio alternativos, en el que los consumidores se conviertan en usuarios, y se comience a pensar en el producto como un servicio (Lacy & Rutqvist, 2015). EL PaaS es una estrategia de la economía circular que se ha comenzado a discutir en América Latina. En Colombia, aunque se ha venido empleando no se ha formalizado la manera en que se debe ejecutar y se desconocen los ajustes que se deben hacer de la cadena de suministro para afrontar estos cambios de negocio. Para ello se realizará una búsqueda de los casos de estudio e iniciativas de instituciones y empresas de diferentes partes del mundo que hayan trabajado respecto al tema. Obteniendo la identificación, descripción y análisis de los desafíos que se plantean de la cadena de suministros, las estrategias para abordarlos y propuestas de cómo estas pueden transferirse al marco latinoamericano, impulsando que cada vez más organizaciones decidan adoptar esta estrategia.

Palabras clave

Economía circular, producto como servicio (PaaS), Cadena de suministros.

Referencias

Ellen MacArthur Foundation (2015). Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition
Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). The Product as a Service Business Model: Performance over Ownership. *Waste*

to Wealth (pp. 99-114). Palgrave Macmillan, London.
https://doi.org/10.1057/9781137530707_8

-- -- --

58- #1017 BRANCH-AND-PRICE PARA EL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS

César Dario Alvarez Cruz

Ingeniería de Producción, Universidad Federal de São Carlos, Brazil, cesarknbv@ufscar.br

Reinaldo Morabito Neto

Ingeniería de Producción, Universidad Federal de São Carlos, Brazil, morabito@ufscar.br

Resumen

El problema de asignación dinámica de vehículos (PAV) consiste en asignar una flota de vehículos para atender la demanda prevista por transporte de carga entre terminales, durante un horizonte de tiempo finito y con múltiples periodos, cuyo objetivo es maximizar el lucro generado por los servicios completados. Dada la dispersión geográfica por demanda de servicios de transporte de carga, es común que se acumulen vehículos vacíos en lugares donde no son necesarios o se genere una escasez de vehículos donde son necesitados a lo largo del horizonte de planeación, por tanto, es importante balancear el suministro de vehículos y la demanda por servicios a lo largo del horizonte de planeación. El tamaño de los problemas prácticos enfrentados por transportadores logísticos es considerablemente grande para resolver en tiempos computacionales razonables, especialmente en transporte de carga por carretera. Consecuentemente, se recurre a métodos heurísticos para obtener soluciones factibles, pese a que no se tiene certificado de calidad de la solución. En este contexto, el objetivo de este trabajo es contribuir con métodos de solución que ofrezcan certificados o garantías de optimalidad para resolver problemas de gran escala. El método utilizado es un Branch-and-Price que utiliza generación de columnas basado en la reformulación Dantzig-Wolfe del PAV. Dada las características del problema, se utiliza una sucesión de caminos mínimos en grafos direccionados acíclicos para resolver el problema relajado. Así mismo, se utiliza un esquema de ramificación basada en partición de caminos para prohibir soluciones fraccionarias óptimas del problema maestro restringido. Los resultados computacionales muestran que el método es eficiente en encontrar la solución óptima primal. Sin embargo, otras ramificaciones tienen que ser exploradas para apretar el limitante dual.

Palabras clave

Asignación de Vehículos, Decomposición Dantzig-Wolfe, Generación de Columnas, Transporte de Cargas.

Referencias

- Powell, W. B. (1986). A stochastic model of the dynamic vehicle allocation problem. *Transportation Science*, 20(2):117–129.
<https://doi.org/10.1287/trsc.20.2.117>
- Vasco, R. A. & Morabito, R. (2016). The dynamic vehicle allocation problem with application in trucking companies in Brazil. *Computers & Operations Research*, 76:118 – 133.
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.04.022>
- Barnhart, C., Hane, C. A., & Vance, P. H. (2000). Using branch-and-price-and-cut to solve origin-destination integer multicommodity flow problems. *Operations Research*, 48(2):318–326.
<https://doi.org/10.1287/opre.48.2.318.12378>
- Ahuja, R., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (1993). Network flows : theory, algorithms, and applications. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. ISBN-13: 978-0136175490
- Gondzio, J., González-Brevis, P., & Munari, P. (2016). Large-scale optimization with the primal- dual column generation method. *Mathematical Programming Computation*, 8(1):47–82.
<https://doi.org/10.1007/s12532-015-0090-6>

59- #1031 CADENA DE SUMINISTRO HOSPITALARIA DESDE UN ENFOQUE LEAN

Erika Tatiana Ruíz Orjuela

Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, erruizo@unal.edu.co

Wilson Adarme Jaimes

Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, wadarme@unal.edu.co

Resumen

El diseño y la gestión de las cadenas de suministro - CS, ha tomado gran relevancia para sus actores, por su influencia como factor clave en el cumplimiento de metas (Sucky, 2005). Arshinder (2001) define la coordinación del suministro como el establecimiento de las acciones y de los medios necesarios para gestionar las interdependencias entre sus agentes, hoy en día diferentes modelos se han formulado para lograr esta coordinación tales como: políticas de compra,

descuentos por volumen, recursos compartidos, mutualidad, toma de decisiones conjuntas, entre otros (Weraikat, Kazemi Zanjani y Lehoux, 2016) (Lan, Li, Papier, 2018). No obstante, más allá de un enfoque convencional, se hace necesario identificar nuevos enfoques de mejora continua tal como lo es *Lean* que permitan un desarrollo armónico de los actores de la cadena.

De acuerdo a lo expuesto, se evidencia la necesidad de caracterizar los determinantes de operación que se hayan propuesto desde la filosofía *Lean*, por tal razón el propósito de este trabajo es identificar en la literatura, los aportes que se hayan realizado para gestionar la integración y coordinación de cadenas de suministro hospitalario desde la perspectiva *Lean*, presentado dichas estrategias, formas de implementación y resultados obtenidos.

Las prácticas de referencia definidas por Tranfield, Denyer y Smart (2003), orientaron la realización de este trabajo, las cuales se presentan en tres etapas: a) planificación de la revisión, b) desarrollo de la revisión e interpretación y c) presentación de los resultados; una vez terminadas las anteriores fases se identificó, que si bien el enfoque *Lean* se ha empleado en la gestión de cadenas de suministros, es necesario identificar indicadores que permitan medir el desempeño global de éstas y cuantificar el impacto de dichas estrategias.

Referencias

- Arshinder, K., Arun, K., & Deshmukh, S G. (2011). A Review on Supply Chain Coordination: Coordination Mechanisms, *Managing Uncertainty and Research Directions. Supply Chain Coordination under Uncertainty*. 39-82. 10.1007/978-3-642-19257-9_3
- Lan, y., Li, y., & Felix Papier. (2018) Competition and coordination in a three-tier supply chain with differentiated channels, *European Journal of Operational Research*, Volume 269, Issue 3, Pages 870-882, ISSN 0377-2217, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.032>
- Sucky, E. (2005). Inventory management un supply chains: A bargaining problem. *Int. J. Production Economics*, 93-94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.025>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003) Towards a Methodology for Developing Evidence: Informed Management Knowledge by Means of Systematic

Review. *British Journal of Management*, 14, 207-222.
<http://dx.doi.org/10.1111/1467-8551.00375>

Weraikat, D., Zanjani, M.K., & Lehoux, N. (2016) Two-echelon pharmaceutical reverse supply chain coordination with customer's incentives, *International Journal of Production Economics*, Volume 176, Pages 41-52, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.003>

-- -- --

60- #1047 GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LOGÍSTICA HUMANITARIA EN LA ETAPA POST-DESASTRE: UNA REVISIÓN

Víctor Alfonso Sanabria Ruiz
Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia
victor2188801@correo.uis.edu.co

Henry Lamos Díaz
Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, hldamos@uis.edu.co

Resumen

Las operaciones de logística humanitaria que involucran el transporte, la comunicación y la gestión del almacenamiento, son una parte crucial de la ayuda en caso de desastre. Las condiciones caóticas después de un desastre pueden causar desequilibrios en el nivel de inventario en cada ubicación de almacenamiento o refugio establecido (Mulyono, N. B., & Ishida, Y. 2014). La gestión de inventarios en logística humanitaria es de especial interés académico, puesto que involucra herramientas matemáticas y computacionales para el apoyo a la gestión de actividades que proporcionen lineamientos claros en lo que respecta a problemas de gestión de inventarios en la ayuda de afectados y los aspectos metodológicos (es decir, los tipos de políticas, modelos y enfoques de solución).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se realiza una revisión relacionada con los aspectos metodológicos sobre autómatas celulares probabilísticos, para la solución del problema de distribución de ayuda humanitaria post-desastres, partiendo de la búsqueda en dos bases de datos: Scopus, y Web of science. Los resultados agrupan 167 trabajos en 3 categorías, encontrando que la aplicación de métodos de gestión de inventarios como el transbordo lateral post-desastres en conjunto con la mezcla de técnicas como sistemas dinámicos, son las

alternativas más desarrolladas para dar solución a este tipo de problema.

Para futuras investigaciones se podrían analizar la gestión de productos básicos fundamentales para la atención de víctimas de desastres que necesitan diversos tipos de productos con diferentes demandas en los puntos de distribución de socorro, además se puede abordar otros problemas relacionados con la incertidumbre de financiamiento y cómo afecta las decisiones de inventario.

Palabras clave

Logística Humanitaria, Autómatas celulares probabilísticos, gestión de Inventarios, suministro de ayuda

Referencia

Mulyono, N. B., & Ishida, Y. (2014). Humanitarian logistics and inventory model based on probabilistic cellular automata. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 10(1), 357-372.

-- -- --

61- #1062 UN MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA MIXTA PARA EL PROBLEMA DE FORMACIÓN DE CELDAS DE MANUFACTURA DINÁMICAS

Laura Y. Escobar-Rodríguez
Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Colombia, laura.escobar@correo.uis.edu.co

Edwin A. Garavito-Hernández
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Colombia, garavito@uis.edu.co

Leonardo H. Talero-Sarmiento
Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia, ltalero@unab.edu.co

Resumen

El Sistema de Fabricación Celular Dinámico (*Dynamic Cellular Manufacturing System, DCMS*) es considerado uno de los mejores sistemas de producción, dado que permite aumentar la flexibilidad, la agilidad y la eficiencia en el uso de equipos de producción (Niakan, Baboli, Moyaux, & Botta-Genoulaz, 2016). En un entorno dinámico se considera un horizonte de

planificación de múltiples periodos, donde los de niveles de demanda y tipos de productos a fabricar son diferentes en cada período, lo que da lugar a la necesidad de reconfigurar el sistema de manufactura conformado por estaciones o máquinas movibles, con el fin de estructurar una nueva celda; lo anterior, buscando adaptar la disposición de dichas máquinas a los requerimientos de producción generados para cada nuevo periodo (Rheault, Drolet, & Abdounour, 1995). El diseño de dichas celdas de manufactura es conocido como problema de formación de celdas de manufactura dinámicas (*Dynamic Cell Formation Problem*, DCFP).

En el presente trabajo se desarrolla un modelo de programación lineal entera mixta para abordar el DCFP en el que se tienen en cuenta la variación de demanda, reubicación de máquinas y la secuencia de operaciones para un horizonte de planeación. La función objetivo en este modelo busca minimizar el costo total de transferencias de materiales entre celdas (se incurre en este costo cuando dos operaciones consecutivas del mismo tipo de producto, son realizadas en celdas de manufactura diferentes), así como la suma de los costos asociados a la adquisición, eliminación y reubicación de máquinas en los diferentes periodos del horizonte de planeación. Finalmente, el modelo propuesto se valida haciendo uso de instancias clasificadas en niveles bajo, medio y alto, de acuerdo a la cantidad máxima de máquinas a asignar en cada periodo de tiempo (Mungwattana, 2000; Wicks & Reasor, 1999), utilizando la herramienta de modelización algebraica GAMS/CPLEX12.

Palabras clave

Sistemas de manufactura celular, Formación de celdas de manufactura dinámicas, Programación lineal entera mixta.

Referencias

Mungwattana, A. (2000). Design of cellular manufacturing systems for dynamic and uncertain production requirements with presence of routing flexibility. *ProQuest Dissertations and Theses*, 233 p. Retrieved from http://proxy.mul.missouri.edu/login?url=http://search.proquest.com/docview/304626017?accountid=14576%5Cnhttp://ew3dm6nd8c.search.serialssolutions.com/?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rft_id=info:sid/ProQuest+Dissertations+&+Theses+A&I&rft

Niakan, F., Baboli, A., Moyaux, T., & Botta-Genoulaz, V. (2016). A bi-objective model in sustainable dynamic cell formation problem with skill-based worker assignment. *Journal of Manufacturing Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.11.001>

Rheault, M., Drolet, J. R., & Abdounour, G. (1995). Physically reconfigurable virtual cells: A dynamic model for a highly dynamic environment. *Computers and Industrial Engineering*, 29(1-4), 221-225. [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(95\)00075-C](https://doi.org/10.1016/0360-8352(95)00075-C)

Wicks, E. M., & Reasor, R. J. (1999). Designing cellular manufacturing systems with dynamic part populations. *IIE Transactions*, 31(November 2014), 11-20. <https://doi.org/10.1080/07408179908969801>

-- --

62- #1080 SUBASTA INVERSA DE OFERTA SELLADA PARA LOGÍSTICA HUMANITARIA BAJO INCERTIDUMBRE

Diana C. Guzmán-Cortés

Grupo de Investigación en Sistemas Logísticos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Colombia, dianaquco@unisabana.edu.co

Jean-François Cordeau

Logística y Gestión de Operaciones, HEC Montreal y CIRRELT, Canadá, jean-francois.cordeau@hec.ca

Marie-Ève Rancourt

Logística y Gestión de Operaciones, HEC Montreal y CIRRELT, Canadá, marie-eve.rancourt@hec.ca

Camilo Ortiz-Astorquiza

Departamento de Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, camiloortiz@javeriana.edu.co

William J. Guerrero

Grupo de Investigación en Sistemas Logísticos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Colombia, william.guerrero1@unisabana.edu.co

Resumen

Las organizaciones humanitarias (OH) deben garantizar la adquisición de ayudas de emergencia para satisfacer las necesidades de la población afectada por desastres naturales o provocados por el hombre. Así, la subasta dentro de los procesos de aprovisionamiento es un mecanismo para lograrlo. (Trestrail, Paul, & Maloni, 2009) (Ertem, Buyurgan, & Pohl, 2012). De acuerdo con Shokr & Torabi (2017), la literatura sobre subastas para aprovisionamiento en

logística humanitaria (LH) es todavía limitada y se ha identificado la necesidad de subastas adecuadas que consideren la incertidumbre inherente a los desastres. Además, es necesario considerar la colaboración entre el sector comercial y OH. (Hu & Dong, 2019). Estas relaciones podrían garantizar la disponibilidad de recursos, la entrega rápida y además, reducir el costo de las actividades de aprovisionamiento (Balcik & Ak, 2014).

En este trabajo, nos enfocamos en las subastas inversas de oferta sellada en las que un comprador

(OH) realiza un anuncio con reglas específicas para contratar el suministro de una cantidad de productos (kits de emergencia). Luego, los oferentes (proveedores) elaboran sus ofertas y aplican a la subasta. Uno o varios proveedores podrían ser asignados en la etapa de evaluación de la oferta.

Proponemos dos modelos de programación estocástica de dos etapas para las dos primeras fases de las subastas inversas: la construcción del anuncio desde la perspectiva de la OH y la construcción de la oferta desde la perspectiva de los proveedores comerciales. Luego, presentamos la aplicabilidad de estos modelos en un estudio de caso basado en una convocatoria pública de la Cruz Roja Colombiana. Utilizamos un enfoque basado en escenarios para representar la incertidumbre asociada con la demanda, el costo de transporte, la capacidad del proveedor, el tiempo de transporte y las cantidades enviadas. Finalmente, presentamos algunas conclusiones como resultado de la experimentación numérica y análisis de sensibilidad.

Palabras clave

Logística humanitaria, subasta inversa, construcción del anuncio, construcción de la oferta, programación estocástica

Referencias

Balcik, B., & Ak, D. (2014). Supplier selection for framework agreements in humanitarian relief. *Production and Operations Management*, 23(6), 1028–1041. <https://doi.org/10.1111/poms.12098>

Ertem, M. a., Buyurgan, N., & Pohl, E. a. (2012). Using announcement options in the bid construction phase for disaster relief procurement. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 306–314. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.03.004>

Hu, S., & Dong, Z. S. (2019). Supplier selection and pre-positioning strategy in humanitarian relief. *Omega (United Kingdom)*, 83, 287–298. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.10.011>

Shokr, I., & Torabi, S. A. (2017). An enhanced reverse auction framework for relief procurement management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24(August 2016), 66–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.05.019>

Trestrail, J., Paul, J., & Maloni, M. (2009). Improving bid pricing for humanitarian logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 39(5), 428–441.

-- --

63- #1106 MODELO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y METAHEURISTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FUNCIONES CONTINUAS DE ESTUDIO

Sonia Alexandra Jaimes Suarez

Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, sonia.jaimes@escuelaing.edu.co

Luis Francisco López Castro

Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, luis.lopez@escuelaing.edu.co

Ana María Gómez Lámus

Departamento de Matemáticas, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, ana.gomez@escuelaing.edu.co

Cristian David Cadnia García

Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, cristian.candia@mail.escuelaing.edu.co

Sebastián Mateo Meza Villalba

Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, sebastian.meza@mail.escuelaing.edu.co

Resumen

El modelamiento y simulación de los factores que afectan un sistema real, son clave para garantizar la representatividad de un modelo computacional con el que se busca encontrar soluciones a problemáticas que no conviene estudiar a través de enfoques convencionales (Wilson & Stein, 1995). Debido al

avance en la capacidad de procesamiento de información por medio de los computadores, se ha despertado el interés por el modelado de diversos tipos de sistemas y funciones empleando redes neuronales (Misra & Saha, 2010). Además, los problemas de optimización son de vital importancia dada la necesidad de generar el mayor beneficio posible de la maximización o minimización de variables específicas bajo escenarios sensibles a su parametrización (Floudas & Gounaris, 2009).

Dada la dificultad de encontrar representaciones exactas a problemas particulares, se formula un desarrollo por medio de redes neuronales para ponderar las variables más importantes de un sistema y de métodos metaheurísticos para optimizar los parámetros asociados al modelo obtenido. Este estudio utilizó funciones de prueba para optimización (Pan, Sang, Duan, & Gao, 2014) con el fin de comparar resultados con modelados y óptimos ya conocidos. El primer enfoque se centra en la optimización de las funciones exactas antes mencionadas, mientras el segundo enfoque optimiza la representación obtenidas por la red neuronal de estas. Se usaron dos arquitecturas de redes: regresión general (GRNN) y perceptrón multicapa (MLPNN) y dos metaheurísticas: algoritmo genético (GA) y enjambre de partículas (PSO).

Se puede observar en estos resultados que, con las configuraciones en la arquitectura de la red neuronal y la inicialización de parámetros metaheurísticos, se logra modelar y optimizar sistemas teóricos con un rendimiento similar o mejor a las respuestas conocidas y se espera que este enfoque pueda ser implementado para realizar predicciones en datos reales.

Palabras clave

Redes neuronales artificiales, metaheurísticas, optimización continua

Referencias

Floudas, C. A., & Gounaris, C. E. (2009). A review of recent advances in global optimization. *Journal of Global Optimization*, 45(1), 3–38. <https://doi.org/10.1007/s10898-008-9332-8>

Misra, J., & Saha, I. (2010). Artificial neural networks in hardware: A survey of two decades of progress. *Neurocomputing*, 74(1–3), 239–255. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2010.03.021>

Pan, Q. K., Sang, H. Y., Duan, J. H., & Gao, L. (2014). An improved fruit fly optimization algorithm for continuous function optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 62, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2014.02.021>

Wilson, B. H., & Stein, J. L. (1995). An algorithm for obtaining proper models of distributed and discrete systems. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 117(4), 534–540. <https://doi.org/10.1115/1.2801111>

— — —

64- #1110 OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE HORARIOS DE CLASES NO PERIÓDICAS

Liliana Marcela Palacio Rodriguez

IPRED, Universidad Industrial de Santander,
Colombia,
nelriote@uis.edu.co

Nelson Ricardo Otero Riaño

IPRED, Universidad Industrial de Santander,
Colombia,
limaparo@uis.edu.co

David Alejandro Miranda Mercado

Escuela de Física, Universidad Industrial de
Santander, Colombia, dalemir@uis.edu.co

Resumen

La asignación de horarios de clase es un problema clásico ampliamente tratado en la literatura (Hernandez, Miranda, & Rey, 2008), (Burke, Elliman, Ford, & Weare, 1995) su aplicación se realiza, principalmente, en instituciones educativas y consiste en asignar, de forma óptima, las clases para los estudiantes teniendo en cuenta el número de horas por día y semestre. Sin embargo, el planteamiento clásico no contempla clases no periódicas, se centra en educación presencial donde las actividades de una semana se repiten todo el semestre. En este trabajo se presenta la optimización de la programación de horarios de clases no periódicas, la cual se venía realizando manualmente en los ocho programas ofertados por la Universidad Industrial de Santander en modalidad a distancia y virtual, con una duración promedio de cuatro semanas por cada programa. Dichos programas son ofertados en todas las sedes de la Universidad.

Para resolver este problema se partió del principio de Bellman (Bellman & Dreyfus, 2015) y se plantearon dos problemas de optimización: primero, optimización de

grupos, y segundo, optimización de la asignación de profesores. Se abordó la problemática a partir de la documentación de los procesos utilizados para la generación de horarios, unificación de los mismos, identificación de variables para definir el modelo matemático (función objetivo), codificación del modelo en el lenguaje de programación y generación de horarios.

Entre los resultados obtenidos se destaca la reducción de los recursos requeridos para la generación de horarios de clase; se pasó de cinco funcionarios a dos funcionarios y de cuatro semanas a tres días. Se debe resaltar que el proceso de optimización se realiza en cinco minutos por programa académico y el tiempo adicional corresponde a ajustes manuales para incluir aspectos académicos que son particulares para cada programa.

Palabras clave: Algoritmo de optimización, timetabling, class scheduling, horarios de clases, programación académica

Referencias

- Bellman, R., & Dreyfus, S. (2015). Applied dynamic programming. 2050.
- Burke, E., Elliman, D., Ford, P., & Weare, R. (1995). Examination Timetabling in British Universities a Survey. *Timetabling, In International Conference on the Practice and Theory of Automated*, (págs. 76-90). Berlin.
- Hernandez, R., Miranda, J., & Rey, P. (2008). Programación de horarios de Clases y Asignación de Salas para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales Mediante un enfoque de programación entera. *Ingeniería de sistemas, XXII*.

-- --

65- #1146 SOLUCIÓN DEL MODELO IMPLÍCITO DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO MEDIANTE ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN GLOBAL

Luis Miguel Perez Archila Correa

Estudiante de maestría de investigación en ingeniería eléctrica. Universidad Industrial de Santander
luis2188752@correo.uis.edu.co

Juan David Bastidas Rodriguez

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
jubastidasr@unal.edu.co

Carlos Rodrigo Correa Cely

Universidad Industrial de

Santander, crcorrea@saber.uis.edu.co

Resumen

Un generador fotovoltaico (FV) en configuración serie-paralelo se puede analizar como un conjunto de submódulos conectados en serie, junto con un diodo de bloqueo, para formar cadenas y un conjunto de cadenas conectadas en paralelo. Cada submódulo típicamente se representa por el modelo de un diodo (Yin & Babu, 2018), del cual se obtiene una relación no lineal e implícita entre la corriente y la tensión en sus terminales (Bastidas-Rodriguez, Cruz-Duarte, & Correa, 2019). Utilizando dichas relaciones, una cadena formada por N submódulos y un diodo de bloqueo se puede modelar con un sistema de N+2 ecuaciones, donde las incógnitas corresponden a la corriente de la cadena, y las tensiones de los N submódulos y el diodo de bloqueo (Bastidas-Rodriguez et al., 2019). Finalmente, el sistema de ecuaciones asociado a cada cadena del generador se puede resolver por separado para obtener las variables eléctricas del generador FV.

Hasta el momento, la solución de este sistema de ecuaciones se ha realizado utilizando el método de Trust Region para generadores pequeños y medianos. En este trabajo se propone una alternativa de solución formulando la solución del sistema de ecuaciones como un problema de optimización y utilizando un algoritmo de optimización global para resolverlo. En la presentación se detallará el desempeño del método propuesto para generadores pequeños y medianos bajo diferentes condiciones de irradiancia, verificando que estos métodos son una alternativa viable para la solución de modelos implícitos de generadores FV. Los resultados obtenidos se contrastan con la simulación del circuito equivalente como método de referencia. Para generadores pequeños, el método Trust Region presenta menores tiempos de cómputo; sin embargo, para generadores medianos el método de Trust Region no converge para todos los puntos de operación, mientras que otros métodos de optimización encuentran la solución, aunque requieren un mayor tiempo de cómputo.

Palabras clave: Metaheurística, Optimización, Fotovoltaico, Generador, Modelado.

Referencias

- Bastidas-Rodriguez, J. D., Cruz-Duarte, J. M., & Correa, R. (2019). Mismatched Series-Parallel

Photovoltaic Generator Modeling: An Implicit Current–Voltage Approach. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2019.2898208>
Yin, O. W., & Babu, B. C. (2018). Simple and easy approach for mathematical analysis of photovoltaic (PV) module under normal and partial shading conditions. *Optik*, 169(May), 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2018.05.037>

--- --
66- #1165 MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA MIXTA PARA EL PROBLEMA DE REPOSICIONAMIENTO DE BICICLETAS

Juan David Palacio D.

Departamento de Ciencias Matemáticas, Universidad EAFIT, Colombia, jpalac26@eafit.edu.co

Resumen

Los sistemas de bicicletas compartidas (BSS, por sus siglas en inglés) representan una estrategia para mitigar efectos adversos propios del proceso de urbanización en las ciudades. Los BSSs permiten a sus usuarios usar un conjunto de bicicletas como medio para transportarse entre dos puntos diferentes (estaciones de origen y de destino) de una zona urbana. Para el eficiente funcionamiento de un BSS es indispensable tener un número adecuado de bicicletas y espacios de parqueo disponibles de acuerdo a la demanda de cada uno de ellos. Para tal fin, es necesario que un vehículo entregue o recoja bicicletas para redistribuirlas en las estaciones si es necesario. Este proceso se conoce como reposicionamiento y desde la perspectiva de la optimización, puede modelarse como un problema de ruteo de vehículos con operaciones de recolección y entrega (PDVRP, por sus siglas en inglés). En este trabajo, se modela el problema de reposicionamiento a través de formulaciones de programación lineal entera mixta. Siendo la capacidad del vehículo una restricción a considerar, se describen características adicionales tales como entregas parciales (split delivery) e inventario temporal de bicicletas en las estaciones. Las características anteriores implican que algunas estaciones pueden ser visitadas múltiples veces durante la operación de reposicionamiento. Como estrategia de solución, usamos un optimizador comercial para resolver instancias conocidas de la literatura. Finalmente, analizamos cuales son los beneficios de permitir múltiples visitas a una estación realizando entregas parciales o almacenando

temporalmente unidades que posteriormente son transportadas a otra estación.

Palabras clave: Programación lineal entera mixta, ruteo de vehículos, reposicionamiento, recolección y entrega, entregas parciales.

--- --
67- #1168 APLICACIÓN DEL MÉTODO FUZZY TOPSIS PARA DEFINIR LA MACRO-LOCALIZACIÓN DE UNA BASE CIENTÍFICA TEMPORARÍA EN LA ANTÁRTIDA

Jairo R- Coronado-Hernandez
Universidad de la Costa, Colombia,
jcoronad18@cuc.edu.co

Capitán de Corbeta Wilson A. Rios
Armada Nacional, Colombia,
wilson.rios@armada.mil.co

Capitán de Corbeta Javier Baron Villamizar
Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, Colombia, dfam@enap.edu.co
Armada Nacional, Colombia,
javier.baron@armada.mil.co

Capitán de Corbeta Diana Urrego Niño
Armada Nacional, Colombia,
diana.urrego@armada.mil.co

Resumen

La República de Colombia tiene como objetivo establecer una base científica temporal en la Antártida para el año 2025(Comisión Colombiana del Océano, 2014; Espinel-Bermudez, 2017). En este trabajo se presenta una aplicación del método Fuzzy Topsis para determinar la macro-localización de una base temporal en la Antártida que busca brindar un soporte logístico para la investigación científica en la Antártida como territorio de paz y ciencia. En la Antártida hay dos tipos de bases científicas, las permanentes que operan todo el año, y las temporarias que operan en el verano austral. Se seleccionaron un conjunto de posibles zonas para la macro-localización considerando la extensión de la Antártida. En cuatro expediciones se visitaron bases científicas, y por medio de encuestas y entrevistas se determinaron los factores críticos de localización. Luego se adapta la metodología Fuzzy Topsis (Chung & Kim, 2014; Uygun & Dede, 2016) y en conjunto con expertos, expedicionarios y científicos se valora lingüísticamente cada uno de los factores;

también se valora cada zona considerando cada factor de localización. Por último, se obtienen matrices de valoración que se introducen en el algoritmo Fuzzy Topsis para obtener un ranking de posiciones para determinar la macro-localización de la base científica temporal de Colombia en la Antártida.

Palabras clave: Fuzzy Topsis, Toma de decisiones multicriterio, Localización, Antártida

Referencias

Chung, E.-S., & Kim, Y. (2014). Development of fuzzy multi-criteria approach to prioritize locations of treated wastewater use considering climate change scenarios. *Journal of Environmental Management*, 146, 505–16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.013>.
Comisión Colombiana del Océano. (2014). *Programa Antártico Colombiano*. Bogota. Retrieved from http://www.cco.gov.co/docs/publicaciones/p_antartico.pdf
Espinel-Bermudez, J. (2017). Colombia en el continente blanco. *Ensayos Sobre Estrategia*

-- -- --

68- #1168 SPARSE PORTFOLIOS FOR HIGH-DIMENSIONAL FINANCIAL INDEX TRACKING WITH LOW-RANK MATRIX CONSTRAINT FOR STOCKS

Javier Alexi Chacón Suárez
Computer Science Department
Universidad Industrial de Santander, Colombia
javier.chacon1@correo.uis.edu.co

Tatiana Gélvez
Electrical Engineering Department
Universidad Industrial de Santander, Colombia
tatiana.gelvez@correo.uis.edu.co

Henry Arguello
Computer Science Department
Universidad Industrial de Santander, Colombia
henarfu@uis.edu.co

Abstract:

Selection of the securities for investment portfolio design is one of the most important optimization problems of the last century. For this, numerous strategies and mathematical models have been proposed. For instance, the passive investment strategy performs the tracking of market indices with the intention of reproducing its performance with an optimized portfolio as described in [1].

This passive strategy is based on the advances shown by Palomar [2] who deals with the issue of designing sparse portfolios to efficiently reproduce the returns of any index. Once the stocks have been selected, the following step aims at dividing the investment capital between these stocks in some efficient way. This strategy has shown promising performance, however, it does not take into account the correlation between the selected stock returns, which is an important factor in the efficient selection of the stocks, but a cointegration based approach.

Therefore, the main objective of this work relies on formulating a mathematical model that allows to find high correlated stocks for the sparse portfolio design. Thus, it aims at modifying previous work to improve the quality results by taking into account the correlation between the stocks.

In this manner, the proposed optimization problem includes the nuclear norm over the market returns matrix multiplied by the desired variable weights, such that it is possible to apply some thresholding technique over the singular value decomposition of this resulting matrix as presented in [3]. This allows to reduce its rank iteratively with the objective of obtaining its low-rank approximation, which multiplied by the inverse returns matrix, results in the desired portfolio weights.

Keywords: Sparse Portfolio Optimization, Index Tracking, Low-Rank Approximation, Correlated Stocks.

References:

- [1] Frino, A., Gallagher, D. R., & Oetomo, T. N. (2005). The Index Tracking Strategies of Passive and Enhanced Index Equity Funds. *Australian Journal of Management*, 30(1), 23–55. <https://doi.org/10.1177/031289620503000103>
- [2] Benidis, K., Feng, Y., & Palomar, D. P. (2018). Sparse portfolios for high-dimensional financial index tracking. *IEEE Transactions on signal processing*, 66(1), 155-170. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.2762286>
- [3] Candès, Emmanuel J., and Benjamin Recht. "Exact matrix completion via convex optimization." *Foundations of Computational mathematics* 9.6 (2009): 717.

12. RUTEO DE VEHÍCULOS

- - -

69- #289 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN Y RUTEO DE VEHÍCULOS DE DOS ESCALONES CON LIMITACIONES DE CAPACIDAD Y FLOTA HETEROGÉNEA UTILIZANDO EL ALGORITMO GENÉTICO

Andrés Guillermo Angarita Monroy
Ingeniero Industrial Universidad Industrial de Santander, Colombia aangarita524@gmail.com

Karin Julieth Aguilar Imitola
MSc. Ingeniería Industrial Universidad Industrial de Santander Colombia
aaguilarimitola.karin@gmail.com

Resumen

En la actualidad, los desastres, independientemente de su origen (sea natural o humano), son considerados fenómenos sociales cuyos daños sería posible prevenir y mitigar para disminuir o al menos controlar sus efectos (Cecchini, Sunkel, y Barrantes, 2017). Así, la incorporación de la gestión de riesgos para la atención de desastres naturales cobra una gran importancia, pues es el medio con mayor eficacia para revertir los impactos negativos, que acaban con el progreso en materia de desarrollo económico (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2004).

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de crear un modelo capaz de proporcionar la información suficiente al responsable de la red logística, para que éste tome las mejores decisiones relacionadas con la ubicación y distribución de recursos humanitarios, con el fin de garantizar una entrega oportuna de los suministros a las regiones afectadas.

Por lo tanto, en la presente investigación se aborda el 2E-LRP (Two Echelon Location Routing Problem), teniendo en cuenta su importancia en la gestión de la cadena de suministro humanitaria y tomando como base la formulación presentada por Dai, Z., Aqlan, F., Gao, K., y Zhou. (2018). El problema es desarrollado como un modelo de programación lineal entera mixta, con el objetivo de minimizar el costo total y considerando limitaciones de capacidad en las instalaciones (depósitos primarios y centros regionales) a localizar y en los vehículos utilizados para el ruteo

tanto del primer como del segundo nivel. Adicionalmente, se asume demanda determinística y flota heterogénea en el escalón. Para dar solución al problema se desarrolla un algoritmo genético y se propone una nueva codificación de la solución.

Finalmente, los experimentos numéricos muestran que, para instancias hasta de 600 clientes, la metaheurística obtiene buenas soluciones en un tiempo de cómputo razonable (menos de 20 minutos) y el análisis estadístico permite inferir que el enfoque genético desarrollado posee una gran competitividad (rendimiento) a la hora de enfrentar diversos escenarios.

Palabras claves

Localización y ruteo multi-nivel, dos escalones, ruteo de vehículos, programación lineal entera mixta, algoritmo genético.

Referencias

- Cecchini, S., Sunkel, G., y Barrantes, A. (18 de abril de 2017). Protección social de la infancia frente a los desastres. CEPAL. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/enfoques/proteccion-social-la-infancia-frente-desastres>
- Dai, Z., Aqlan, F., Gao, K., & Zhou, Y. (2018). A two-phase method for multi-echelon location-routing problems in supply chains. *Expert Systems With Applications*, 115, 618-634. doi:10.1016/j.eswa.2018.06.050

- - -

70- #326 MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE VALORES CON RESTRICCIONES DE SEGURIDAD

Cristian David Martínez Agaton
Maestría en Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia,
cristian.martinez-a@mail.escuelaing.edu.co

William J. Guerrero
Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Colombia, william.guerrero1@unisabana.edu.co

Angélica Sarmiento Lepesqueur
Decanatura de ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia,
angelica.sarmiento@escuelaing.edu.co

Resumen

Este trabajo presenta estrategias para la distribución de efectivo en corresponsales Bancarios geográficamente dispersos y con capacidad de almacenamiento de valores, en términos de indicadores de riesgo, tiempos de servicio y costos logísticos. Se estudia el problema de gestión de inventario de efectivo de múltiples clientes y decisiones de transporte, adaptando modelo de ruteo de inventarios (IRP, por sus siglas en inglés) inspirado en Archetti et al. (2007) y Pérez et al. (2015), con el fin de proponer el modelo de distribución. Se contempla un único centro de efectivo con capacidad ilimitada, desde el cual se ejecutan entregas de efectivo por medio de un vehículo con altas medidas de seguridad y capacidad limitada. El corresponsal bancario al cual se le realizan las entregas de efectivo maneja una capacidad limitada. El modelo propuesto optimiza las decisiones de ruteo de vehículos con inventarios con diferentes estrategias para la gestión de los riesgos asociados a la operación. Estas estrategias incluyen la imprevisibilidad de las rutas, la estimación del riesgo de transporte asociado a las largas distancias de las rutas, y limitaciones en la frecuencia de uso de un arco.

El modelo propuesto se denomina el RclRPTW (Risk constraint inventory routing problem with time Windows). Se propone un modelo matemático y una heurística constructivista de solución que trabaja periodo a periodo para encontrar soluciones factibles de inventario y ruteo. Los resultados computacionales en 20 instancias aleatorias inspiradas en un caso real muestran la importancia de optimizar simultáneamente las decisiones de inventario considerando costos de ruteo junto con las estrategias de mitigación de riesgo. Implementar restricciones de riesgo y las estrategias propuestas permite variar periódicamente la ruta de un vehículo de valores, mejorar los índices de siniestralidad y la predictibilidad de ruta para una empresa de valores sin impactar la sostenibilidad económica de la empresa.

Palabras clave

Ruteo de vehículos, gestión de inventarios, optimización, gestión de riesgo, seguridad.

Referencias

Archetti, C., Bertazzi, L., Laporte, G., & Speranza, M. G. (2007). A branch-and-cut algorithm for a vendor-managed inventory-routing problem. *Transportation science*, 41(3), 382-391.

Perez, E., & Guerrero, W. J. (2015). Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras. *Revista Ingeniería Industrial*, 14(3), 31-49.

-- -- --

71- #402 FORMULACIÓN DE UN MODELO GENERAL DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA UNA CLASE DE PROBLEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y RUTEO DE VEHÍCULOS

Maria Gulnara Baldoquin de la Peña

Profesora, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

mbaldoqu@eafit.edu.co

Resumen

Existen múltiples variantes del problema de ruteo de vehículos (VRP). Entre ellas se encuentra el VRP periódico (PVRP), que considera la construcción de rutas óptimas para cada uno de los días de un horizonte de planeación, conociendo de antemano la frecuencia de visitas demandadas por cada cliente, y seleccionando uno de los patrones de frecuencia posibles para cada uno. En la literatura se encuentran variantes del PVRP que consideran ventanas de tiempo (PVRP-TW), tiempo de viaje entre dos clientes o entre un cliente y el depósito depende de la distancia entre dichos puntos y la hora del día (PVRP-TD), consistentes (Con-PVRP) donde cada cliente es visitado siempre por el mismo vehículo. En aplicaciones de la vida real se encuentran diversas funciones a optimizar, las más frecuentes son minimizar la suma de los tiempos (o distancias) de los trayectos recorridos entre clientes y clientes y depósitos y minimizar número de vehículos utilizados. Estos problemas se conocen en la literatura como problemas computacionales difíciles de resolver.

En este trabajo se plantea un modelo general de Programación Lineal Entera Mixta para el Con-PVRP que incorpora las variantes PVRP-TW, PVRP-TD, PVRP-TW-TD con dos tipos de funciones a optimizar: minimizar el máximo tiempo de iniciar la atención al último cliente de cualquier ruta considerada y minimizar el máximo tiempo de regreso al depósito de cualquier ruta. Se valida el modelo propuesto con un diseño de experimentos, en el cual se obtienen soluciones óptimas para tamaños de problemas razonables teniendo en cuenta la complejidad del modelo

propuesto. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

Palabras clave: modelación, Programación Lineal Entera Mixta, ruteo de vehículos, PVRP.

Referencias

- Adewumi, A. O. & Adeleke, O. J. (2018). A survey of recent advances in vehicle routing problems, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 9, 155-172.
- Caceres-Cruz, P., Arias, P. D. Guimarans, Riera, D., & Juan, A.A. (2015). Rich vehicle routing problem: Survey, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 47, 32.
- Gendreau, M., Ghiani, G., & Guerriero, E. (2015). Time-dependent routing problems: A review, *Computers & Operations Research*, 64, 189-197.
- Baldoquin de la Peña, M.G., Escalera Fariñas, A., & Linfati, R. (2014). A Model and Solution Method for Solving the Real-world and Complex Problem of Scheduling Visits to Customers, *Journal of Applied Research and Technology*, 12(3), 333-342.
- Kok, A.L., Hans, E.W., & Schutten, J.M.J. (2012). Vehicle routing under time-dependent travel times: the impact of congestion avoidance, *Computers & Operations Research*, 39, 910-918.
- Groer, C., Golden, B., Wasil, E.: The consistent vehicle routing problem. *Manufacturing & service operations management* 11(4), 630-643 (2009)

--- --

72- #1013 SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE RUTEO MULTIDEPÓSITO CON FLOTA HETEROGÉNEA USANDO GENERACIÓN DE COLUMNAS

Alejandro Arenas Vasco

Universidad de Medellín, Colombia,
aarenas2.aa@gmail.com

Elena Fernández Aréizaga

Universitat Politècnica de Catalunya, España,
e.fernandez@upc.edu

Jessica Rodríguez Pereira

Universitat Politècnica de Catalunya, España,
jessica.rodriquez@upc.edu

Resumen

Este trabajo se enfoca en tres tipos de problemas diferentes relacionados con el diseño de las rutas de

vehículos. El primero es aquél en el cual todos los vehículos son del mismo tipo (flota homogénea) y todas las rutas salen y regresan al mismo depósito. Al agregar la posibilidad de usar distintos depósitos, se da más flexibilidad a la empresa, pero el problema también se torna más complejo ya que la cantidad de posibles rutas aumenta exponencialmente. Por último, se agrega la posibilidad de usar diferentes tipos de vehículos (flota heterogénea) haciendo el problema aún más complejo.

Debido a la complejidad del problema, los métodos estándar para solucionar problemas de optimización son incapaces de proporcionar buenos resultados a medida que aumentan el número de clientes, de depósitos y el tipo de vehículos. Debido a lo anterior, es necesario utilizar otro método para obtener buenos resultados. El método que se propone en este trabajo es generación de columnas.

Los métodos de generación de columnas inician con una solución factible a partir de la cual se soluciona un Problema Maestro Restringido. Posteriormente se usan las variables duales del problema anteriormente descrito (descompuesto por Dantzig-Wolfe) para buscar nuevas rutas que permitan mejorar el valor del mismo. Una vez encontradas dichas rutas, estas se incorporan al Problema Maestro Restringido y el proceso se repite. El algoritmo termina cuando no existen más rutas que puedan mejorar el Problema Maestro Restringido. El factor clave en este método es que sólo requiere un subgrupo de variables en lugar de todas ellas

Finalmente se aplica el método anteriormente descrito a un problema real de ruteo de una empresa de Vending de la ciudad de Medellín y se analizan los resultados a partir de un problema con 48 clientes, tres tipos de vehículos y dos depósitos.

Palabras clave

Generación de columnas; Dantzig-Wolfe; VRP

Referencias

- Choi, E. Tcha, D. (2007). A Column Generation Approach to the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 34, 2080-2095.
- Desrosiers, J. Lübbecke, M. (2005). A Primer in Column Generation. *Column Generation*, 1-29.

Desrosiers, J. Lübbecke, M. (2005). Selected Topics in Column Generation. *Operations Research*, 53, 1007-1023.

Feillet, D. (2010). A Tutorial on Column Generation and Branch-and-price for Vehicle Routing Problems. *4OR*, 4, 407-424.

Kallehauge, B. Larsen, J. Madsen, O. Solomon, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Column Generation*, 67-97.

Lübbecke, M. (2010). Column Generation. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.

Posada, J. Farbiarz, V. González, C. (2011). Análisis del "Pico y Placa" como Restricción a la Circulación Vehicular en Medellín – Basado en Volúmenes Vehiculares. *Revista DYNA*, 78, 112-121.

Nazareth, J. (1984). Numerical Behaviour of LP Algorithms Based Upon the Decomposition Principle. *Linear Algebra Appl*, 57, 181-189.

Schrijver, A. (1986). *Theory of Linear and Integer Programming*. Jhon Wiley and Sons, Chichester, UK.

--- --

73- #1036 PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN RUTEO COMPETITIVOS: MODELACIÓN Y MÉTODO DE SOLUCIÓN

Juan Pablo Fernández-Gutiérrez

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Colombia, jpfernandez@udem.edu.co

Juan Guillermo Villegas

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, juan.villegas@udea.edu.co

Resumen

En los problemas de localización ruteo (LRP-*Location routing problems*) se combinan los problemas de enrutamiento de vehículos (VRPs- *vehicle routing problems*) y los problemas de localización de instalaciones (FLPs-*Facility location problems*). Los VRPs buscan rutas óptimas para atender la demanda de un conjunto de clientes dispersos geográficamente usando una flota de vehículos de capacidad limitada. Mientras que en los FLP se escoge la localización óptima de las instalaciones que satisfarán una demanda por un bien o servicio para un conjunto de clientes dispersos en una determinada región. Por su parte, los problemas de localización competitivos extienden los FLP considerando la competencia

existente entre las nuevas instalaciones que operarán para una compañía y las existentes de sus firmas competidoras.

En la literatura, la extensión de problemas de LRP a entornos competitivos (Comp-LRP) no ha sido estudiada previamente (Prodhon & Prins, 2014; Drexl & Schneider, 2015). Por lo tanto, en este trabajo se propone un Comp-LRP con la particularidad de que los clientes realizan rutas de recolección para abastecerse de los distintos productos que demandan. De esta manera, para capturar la demanda de un cliente es necesario que la nueva instalación abierta esté en su ruta óptima de recolección. Para modelar este problema se propone una formulación como programa bi-nivel (Colson, Marcotte, & Savard, 2007) en la cual la compañía localiza las instalaciones en el nivel superior y cada cliente toma las decisiones óptimas de enrutamiento en el nivel inferior.

Para resolver el Comp-LRP se propone un método exacto basado en una reformulación como problema de localización de máxima cobertura (Church & ReVelle, 1974). Dicha reformulación requiere la solución de $2n$ problemas de comprador viajero (siendo n el número de clientes a atender). El desempeño computacional del método propuesto se evalúa utilizando instancias de prueba adaptadas de la literatura del LRP.

Palabras clave

Localización de instalaciones competitiva; Enrutamiento de vehículos; Problemas de localización ruteo; Programación bi-nivel.

Referencias

Drexl, M., & Schneider, M. (2015). A survey of variants and extensions of the location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 241(2), 283-308.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221714006651>

Prodhon, C., & Prins, C. (2014). A survey of recent research on location-routing problems. *European Journal of Operational Research*, 238(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.005>

Colson, B., Marcotte, P., & Savard, G. (2007). An overview of bilevel optimization. *Annals of Operations Research*, 153(1), 235-256. <https://doi.org/10.1007/s10479-007-0176-2>

Church, R., & ReVelle, C. (1974). The maximal covering location problem. *Regional Science Association*, 32(1),

-- --

74- #1109 PROBLEMA DE RUTEO PERIÓDICO CON SINCRONIZACIÓN: MODELACIÓN Y COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS

Sebastián F. Castellanos

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia,

sebastian.castellanos@udea.edu.co

Andrés Gómez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, andres.gomezg@udea.edu.co

Juan Carlos Rivera

Departamento de Ciencias Matemáticas, Universidad EAFIT, Colombia,

jrivera6@eafit.edu.co

Juan Guillermo Villegas

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, juan.villegas@udea.edu.co

Resumen

En la distribución urbana de productos de consumo masivo en mercados emergentes (como Colombia) es común que se utilice la estrategia de preventa (Blanco & Fransoo, 2013). En dicha estrategia se tiene un conjunto de vendedores, quienes visitan periódicamente los clientes para tomar sus pedidos, ofrecer nuevos productos y en general estrechar las relaciones con éstos. Para la entrega de la mercancía existe un segundo recurso (los vehículos de reparto), los cuales distribuyen la mercancía solicitada por los clientes desde la planta o centro de distribución (Boulaksil & Belkora, 2017). Comúnmente, las rutas de vendedores y vehículos son planeadas de manera (cuasi)-independiente.

En este trabajo se presenta el problema de ruteo periódico sincronizado (*SyncPVRP*, *Synchronized Periodic Vehicle Routing Problem*), el cual extiende el problema de ruteo de vehículos periódico (Campbell & Wilson, 2014) para modelar explícitamente la interrelación existente entre rutas de vendedores y vehículos de reparto. Para representar el SyncPVRP se introduce un modelo de programación lineal entera mixta que considera de manera simultánea las fases de preventa y reparto, con el objetivo de minimizar los costos totales asociados con ambos recursos

(vendedores y vehículos). El modelo incluye las restricciones clásicas frecuencia de visita, demanda de los clientes, capacidades de vendedores y vehículos y duración máxima de las rutas. Así mismo, se implementan las restricciones de conservación del flujo de Gavish & Graves (1978) para la eliminación de subtours, las cuales han demostrado ser más eficientes computacionalmente que la formulación clásica de Miller- Tucker-Zemlin (MTZ) (Aksen, Öncan & Sadati, 2018). Utilizando dicha formulación e instancias de prueba adaptadas de la literatura se evalúa el impacto de la integración de rutas de vendedores y vehículos en comparación con las rutas diseñadas de manera independiente.

Palabras clave: Logística urbana, programación lineal entera mixta, problemas de ruteo de vehículos, problemas de ruteo periódicos, sincronización

Referencias

- Aksen, D., Öncan, T., & Sadati, M. E. H. (2018). An Empirical Investigation of Four Well-Known Polynomial-Size VRP Formulations. ArXiv preprint arXiv: 1810.00199.
- Blanco, E., & Fransoo, J. (2013). Reaching 50 million nanostores: Retail distribution in emerging megacities. *Technische Universiteit Eindhoven: Eindhoven*, the Netherlands.
- Boulaksil, Y., & Belkora, M. J. (2017). Distribution Strategies toward Nanostores in Emerging Markets: The Valencia Case. *Interfaces*, 47(6), 505-517.
- Campbell, A. M., & Wilson, J. H. (2014). Forty years of periodic vehicle routing. *Networks*, 63(1), 2-15.
- Gavish, B., & Graves, S. C. (1978). The travelling salesman problem and related problems. Working paper. Operations Research Center. Massachusetts Institute of Technology. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/5363/O R-078-78.pdf>

-- --

75- #953 MODELO PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MODIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA CURRICULAR EN LA EFICIENCIA DE UN PROGRAMA ACADÉMICO

Juan Diego Vélez Vargas

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, jdiego.velez@udea.edu.co

Yony Fernando Ceballos

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, yony.cebillos@udea.edu.co

Laura Milena Cárdenas Ardila

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, lauram.cardenas@udea.edu.co

Resumen

El aumento en la demanda de formación superior y un acceso limitado a recursos ha llevado a que el análisis de la eficiencia de las instituciones de educación superior cobre gran relevancia, por lo tanto autores como (Abadie, 2001; Palomares-Montero, García-Aracil, Castro-Martínez, & Castro-Martínez, 2008; Sun, Todo, & Inoue, 2014; Yáber & Valarino, 2002) definen indicadores claves para el cálculo de la eficiencia en las instituciones o unidades educativas. Paralelamente se han realizado varios estudios enfocados en la evaluación de la eficiencia de las instituciones (Castillo-Merino, Serradell-Lopez, & González-González, 2010; Johnes, 2006; Kuah & Wong, 2011; Kudła & Stachowiak-Kudła, 2016), aunque existen varias metodologías para realizar este tipo estudios, actualmente el Análisis Envolvente de Datos (DEA) es la más utilizada, por su capacidad de manejar múltiples entradas y salidas del proceso (Johnes, 2006). Sin embargo, aunque estas metodologías han permitido dar cuenta del estado de las instituciones o programas y han permitido plantear acciones de mejoramiento enfocadas en elementos causantes de posibles ineficiencias, se encuentra dificultad al momento de medir los efectos generados por estas acciones en la eficiencia de los programas y por ende de la institución, debido a que estas metodologías no tienen en consideración los cambios realizados al interior del proceso. Una de las acciones realizadas por las

instituciones es la modificación de sus currículos la cual, debido a la diversidad de posibles cambios y su prolongado tiempo de implementación, no permite un análisis de su impacto utilizando los métodos comúnmente usados para la evaluación de la eficiencia. Por tal motivo se propone la construcción de un modelo de simulación que, por medio de la utilización de escenarios, permita realizar evaluación del impacto de las modificaciones que se realizan a la estructura curricular de los programas académicos, que contribuya a los procesos de diseño de los planes de estudio.

Palabras clave

Educación superior, plan de estudios, currículo, eficiencia, evaluación.

Referencias

- Castillo-Merino, D., Serradell-Lopez, E., & González-González, I. (2010). Which Are the Determinants of Online Students' Efficiency in Higher Education? (pp. 209–215). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13166-0_30
- Kuah, C. T., & Wong, K. Y. (2011). Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis. In *Procedia Computer Science* (Vol. 3, pp. 499–506). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.084>
- Kudła, J., & Stachowiak-Kudła, M. (2016). Quality of Teaching and Research in Public Higher Education in Poland: Relationship with Financial Indicators and Efficiency. *Journal of Management and Business Administration. Central Europe*, 24(4), 88–108. <https://doi.org/10.7206/jmba.ce.2450-7814.184>
- Palomares-Montero, D., García-Aracil, A., Castro-Martínez, E., & Castro-Martínez, E. (2008). Assessment of Higher Education Institutions: A Bibliographic Review of Indicatorsâ€™ Systems. *Revista Española de Documentación Científica*, 31(2), 205–229. <https://doi.org/10.3989/redc.2008.v31.i2.425>
- Sun, Y., Todo, N., & Inoue, S. (2014). Exploration of higher education indicators and universities' characteristics in Japan. In *Proceedings - 2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2014* (pp. 411–416). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2014.90>

-- --

76- #1019 SIMULACIÓN MEDIANTE AUTÓMATAS CELULARES EN 3D PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO VERTICAL DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN: UNA APROXIMACIÓN

Julián Andrés Castillo Grisales

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, jandres.castillo@udea.edu.co

Yony Fernando Ceballos

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, yony.cebillos@udea.edu.co

Resumen

El crecimiento de las ciudades ha sido altamente estudiado y tiene como principal razón que más del 50% de la población mundial habita en zonas urbanas y en Latinoamérica ese porcentaje sobrepasa el 75% (Campos, Almeida, & Queiroz, 2018; Cao et al., 2018; Dadashpoor, Azizi, & Moghadasi, 2019). En muchos aspectos se estudia el crecimiento de las ciudades en una mirada de territorio incrementando el área de ocupación sólo en dos dimensiones (Fu et al., 2019). Las ciudades cambian y crecen principalmente en dos ámbitos, en territorio y en volumen, la construcción es parte fundamental del dinamismo de una ciudad proporcionando vivienda y opciones de trabajo al crecer verticalmente (Agyemang & Silva, 2019; He, Li, Huang, Liu, & Yu, 2019). En el presente documento se realiza una simulación basada en agentes utilizando autómatas celulares en tres dimensiones para predecir el crecimiento vertical de la ciudad de Medellín, teniendo en cuenta datos históricos de crecimiento vertical de 10 años y la posición geográfica de las unidades de construcción de la misma ciudad. Se presentan como resultado cuales sectores de la ciudad son sensibles al crecimiento residencial y/o comercial y diferentes parámetros de ciudad establecidos para el presente estudio utilizando el software NetLogo 3D. Además, se proponen una serie de estrategias para decisión de inversión de recursos públicos en las zonas de mayor crecimiento, para mitigar efectos del mismo y recaudar impuestos.

Palabras clave: Autómata celular, simulación, NetLogo, crecimiento de ciudades, Georeferenciación.

Referencias

Agyemang, F. S. K., & Silva, E. (2019). Simulating the urban growth of a predominantly informal Ghanaian city-region with a cellular automata model: Implications

for urban planning and policy. *Applied Geography*, 105(August 2017), 15–24.

<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.011>

Campos, P. B. R., Almeida, C. M. de, & Queiroz, A. P. de. (2018). Educational infrastructure and its impact on urban land use change in a peri-urban area: a cellular-automata based approach. *Land Use Policy*, 79(August), 774–788.

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.036>

Cao, W., Zhu, Z., Zhou, Y., Liang, L., Li, X., & Yu, B. (2018). Mapping annual urban dynamics (1985–2015) using time series of Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 216(August), 674–683.

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.07.030>

Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 47(March), 101502. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101502>

Fu, Y., Li, J., Weng, Q., Zheng, Q., Li, L., Dai, S., & Guo, B. (2019). Characterizing the spatial pattern of annual urban growth using time series Landsat imagery. *Science of The Total Environment*, 666, 274–284. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.02.178>

He, J., Li, C., Huang, J., Liu, D., & Yu, Y. (2019). Modeling Urban Spatial Expansion Considering Population Migration Interaction in Ezhou, Central China. *Journal of Urban Planning and Development*, 145(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000503](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000503).

-- --

77- #1053 ANÁLISIS DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN TEXTIL USANDO EL ENTORNO DE SIMULACIÓN

Daniela Vera Alzate

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, daniela.vera1@udea.edu.co

Ronald Akerman Ortiz García

Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia,
Colombia, ronald.ortiz@udea.edu.co

Resumen

Actualmente, el sector textil y de confecciones se ha convertido en un referente para la industria manufacturera, siendo uno de los sectores de mayor tradición y reconocimiento en la economía colombiana (Ceballos & Villegas Gómez, 2014) que, además, se ha

posicionado como destino para la atracción de capitales extranjeros (Botello Peñaloza, 2016). Debido a esto, la búsqueda del continuo mejoramiento productivo y competitivo de dichas empresas debe incluir el planear, controlar y validar aquellos procesos que afectan o influyen en la satisfacción del cliente y el logro de los resultados deseados.

A consecuencia de esto, el trabajo se centrará desde la logística integral de operaciones, en estudiar el aumento del ciclo productivo generado por los llamados cuellos de botella (Romero, 2016) dentro del proceso de diseño, producción y comercialización de prendas femeninas correspondiente a la empresa de moda Ragged, en un acercamiento a la simulación como tecnología estratégica que comprende el uso de herramientas analíticas y modelos para maximizar la efectividad en los procesos y la toma de decisiones, examinando escenarios alternativos antes de su implementación y ejecución en diferentes entornos. (Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. (2010); Thompson, Nilsson, Boyce, & McGrath, 2015).

Ragged, es una marca representativa de vestuario femenino de la industria textil colombiana que cuenta con más de 30 años de experiencia y que opera con una red comercial de más de 70 establecimientos en el mercado local y con proyecciones de exportación a México, Ecuador y Costa Rica.

Una vez desarrollado un análisis exhaustivo del sistema real en dicho proceso, se identifica una alternativa de mejora en la disposición física de las mesas de extendido pertenecientes a la planta de Ragged, que permitirían incrementar la producción (salidas) y mitigar el producto en proceso (colas) elevando la eficiencia actual en un 300%.

Palabras clave

Simulación; cuello de botella; Industria textil.

Referencias

Botello Peñaloza, H. A. (2016). Las certificaciones de calidad y la internacionalización de las firmas industriales colombianas. *Suma de Negocios*, 7(16), 73–81.
<https://doi.org/10.1016/J.SUMNEG.2016.02.009>
Ceballos, L. M., & Villegas Gómez, J. (2014). El uso de los arquetipos en la industria de la moda en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 30(130), 48–54.
<https://doi.org/10.1016/J.ESTGER.2014.01.012>

Thompson, P., Nilsson, D., Boyce, K., & McGrath, D. (2015). Evacuation models are running out of time. *Fire Safety Journal*, 78, 251–261.
<https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2015.09.004>

Ángel Antonio Romero (2016) “¿Qué es el cuello de botella y cómo afecta a un proceso productivo?”. Obtenido de <http://queaprendemoshoy.com/que-es-el-cuello-de-botella-ycomo-afecta-a-un-proceso-productivo/>

Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. (2010). *Discrete-Event System Simulation*. (5 ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

-- -- --

78- #1092 SIMULACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO R, S EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE ARTÍCULOS FERRETEROS

Andrés Mauricio Paredes Rodríguez

Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Colombia,

Andres.paredes@correounivalle.edu.co

Julián Andrés Arias Sanchez

Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Colombia, Julian.arias@correounivalle.edu.co

Juan José Bravo Bastidas

Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Colombia, juan.bravo@correounivalle.edu.co

Resumen

Una de las tareas más complejas para las empresas industriales y comerciales es la administración y control de inventarios (Vidal, Londoño, & Contreras, 2004). En la actualidad existen diversas políticas de inventario, las cuales se pueden clasificar dependiendo al patrón de demanda y variabilidad de los tiempos de reposición (Vidal, 2010). La empresa objeto de estudio es una organización que se dedica a la distribución de artículos de construcción, remodelación, taller e industria. Actualmente la empresa atiende a clientes desde el norte del departamento del Cauca hasta el norte del Valle del Cauca, a través de los dos centros de distribución (CEDIS) que tiene en las ciudades de Buga y Palmira.

El problema que se plantea en la presente investigación es un sistema de abastecimiento de dos productos: Cerámica y Cemento, los cuales se almacenan en cada

CEDI respectivamente. El inventario está administrado bajo una política de revisión periódica (R, S), donde cada vez que el inventario llegue a un nivel máximo S, se ordena una cantidad igual a la diferencia entre el S y el inventario a la mano en cada CEDI. Cabe destacar que los dos productos tienen características diferentes, por ejemplo, cantidad de inventarios iniciales, lead time, nivel de demanda, periodos de revisión y son abastecidos por proveedores diferentes. Los productos son transportados hacia la bodega por dos camiones de los respectivos proveedores (A y B). Finalmente, el producto es despachado hacia el cliente final a través de un camión propio de la empresa.

A través de una Red de Petri se analizó el impacto que tiene cada uno de los parámetros iniciales en el sistema y como la variación en cada uno de ellos puede ocasionar comportamientos en las variables de salida como el nivel de servicio, ventas perdidas y niveles de ocupación de los transportes.

Palabras clave

Simulación discreta, Política de inventarios, Red de Petri, artículos ferreteros.

Referencias

- Vidal, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios.
- Vidal, C. J., Londoño, J. C., & Contreras, F. (2004). Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. Ingeniería y Competitividad, 6(1), 35–52.

-- --

79- #1093 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SNACKS USANDO SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS EN UNA EMPRESA DE MEDELLÍN.

Mauren Selene Ramírez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, daniela.vera1@udea.edu.co

Ronald Akerman Ortíz García

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, ronald.ortiz@udea.edu.co

Santiago Castro Espinosa

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, Santiago.castro@udea.edu.co

Manuel Zapata Jaramillo

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, manuel.zapataj@udea.edu.co

Resumen

En ciudades como Medellín son las que más aportan y se ven involucradas en el mercado de snacks, con más de 20 empresas dedicadas a la producción y comercialización de este tipo de productos. Sin duda, el mercado de los Snacks tiene amplias expectativas de crecimiento, gracias a la nueva tendencia de consumo hacia un estilo de alimentación más saludable, por esto es de suma importancia investigar sobre este, con el fin de potencializarlo (Hess & Slavin, 2018; Mattes, 2018; Revista Dinero, 2016; The Nielsen, 2014).

El presente trabajo se enfoca en una empresa de snacks ubicada en Medellín Colombia, la cual, debido al incremento de la producción por la alta demanda de sus productos, afectó la calidad y los estándares de producción, provocando diversos problemas como demora en la entrega de productos, acumulación de materia prima entre otros.

De este modo, mirando diferentes técnicas de estudio para abordar el problema, se evaluó la problemática presentada usando un modelo de simulación discreta, la cual es adecuada para este tipo de problemas (Banks, Carson, & Nelson, 2012), teniendo en cuenta todas las variables que intervienen en dicha problemática, localizando posibles cuellos de botella (Romero, 2016) que causan la demora en la producción, y de esta forma se determinó a estudiar y analizar el plan de acción a seguir para afrontar el problema.

Según lo encontrado en el análisis previo, se procedió a establecer diferentes soluciones basadas en escenarios de solución, tratando de afectar las diferentes causas de la problemática, posteriormente se evaluaron dichos escenarios para establecer la viabilidad de la implementación en la fábrica, posteriormente se analizaron los resultados encontrados para identificar cuáles de las actividades se podría intervenir para incrementar el volumen de unidades producidas y así mismo dar solución a la problemática.

Palabras clave: Proceso de empaque; Producción de snacks; Simulación discreta; Cola.

Referencias

- Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (2012). *DM Nicol, Discrete-Event System Simulation*. Prentice hall Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Hess, J. M., & Slavin, J. L. (2018). The benefits of defining "snacks." *Physiology and Behavior*, 193(September 2017), 284–287.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.04.019>
- Mattes, R. D. (2018). Snacking: A cause for concern. *Physiology and Behavior*, 193(February), 279–283.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.02.010>
- Revista Dinero. (2016). El millonario negocio de los alimentos de paquete. Retrieved July 25, 2018, from www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/el-millonario-negocio-de-los-alimentos-de-paquete-en-colombia-2016/222955
- Romero, Á. A. (2016). ¿Qué es el cuello de botella y cómo afecta a un proceso productivo? – QueAprendemosHoy.com.

-- --

80- #1100 APLICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ESPERA EN UN CENTRO DE PAGOS LOCALIZADO EN UN CENTRO COMERCIAL DE LA CIUDAD BUCARAMANGA

Sebastián García Méndez

Ingeniería Industrial, Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia, sgarcia15@udi.edu.co

Robert Fabián Mendoza Vega

Ingeniería Industrial, Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia, f_abian_315@hotmail.com

Mayda Liceth Vollmuth García

Ingeniería Industrial, Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia, mayvollmuth@gmail.com

Juan Camilo Gutiérrez

Ingeniería Industrial, Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia, jgutierrez11@udi.edu.co

Resumen

El nivel de servicio prestado por los centros de pago de la ciudad de Bucaramanga es un aspecto de vital importancia, teniendo en cuenta la emergente competencia para realizar trámites como giros, recargas, recaudos, consignaciones, entre otros, por diferentes tipos de establecimientos, en tal sentido, el presente estudio realizó el análisis de la teoría de colas en una determinada empresa localizada en un centro

comercial, la cual, según, Portilla, Arias & Fernández (2010) citando a Hillier (1999) indican que es un conjunto de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares, cuyo objetivo hace referencia a la determinación del estado estable y el estudio de la capacidad de servicio en el marco del equilibrio entre los costos y la satisfacción del cliente.

La metodología utilizada fue la toma de tiempos de llegada y atención en un marco temporal de 1 semana, bajo los criterios del modelo M/M/S, posteriormente, se definieron acciones de mejora, siendo simuladas por medio del software Flexsim. Los resultados permiten evidenciar que el porcentaje de utilización osciló entre el 20% - 50%, así mismo, que el tiempo de espera equivale entre el 5% - 25% del tiempo de servicio, razones suficientes para generar acciones de mejora.

La principal conclusión permitió validar la importancia de la temática en las organizaciones, teniendo en cuenta que el tiempo del servicio es un factor clave para el cliente, así mismo, se valida que la simulación posibilita un insumo objetivo para la toma de decisiones.

Palabras clave

Flexsim, Investigación de Operaciones, Simulación, Teoría de colas.

-- --

81- #1157 APLICACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS A LOS PROCESOS DE CORTE Y SIEMBRA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FLORICULTURA

Carmenza Osorio Gutiérrez

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, carmenza.osorio@udea.edu.co

Ronald Akerman Ortiz García

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, ronald.ortiz@udea.edu.co

Johan Stiven Ramírez Salazar

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, johans.ramirez@udea.edu.co

Anyi Paola Baza Pineda

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Colombia, anyi.baza@udea.edu.co

Resumen

Una de las líneas más importantes de exportación que tiene Colombia está relacionado con el campo de la floricultura, esta industria se ha fortalecido en las últimas décadas en el país, donde Antioquia es una de las regiones más influyentes ya que que exporta un porcentaje importante de flores a nivel mundial (Agricultura, 2015; Alvarez, 2015; empleo.trovit.com.co, 2015; Vásquez, 2015).

Por su parte, aparece una empresa productora de flores que cuenta con una gran variedad de procesos y subprocesos, y esto hace importante detallar sus diferentes actividades mediante la utilización de herramientas estadísticas para identificar procesos críticos que estén afectando el funcionamiento de la compañía (siembra y corte).

Una herramienta importante en la ingeniería es la utilización de modelos de simulación (Banks, 2012), ya que se logran hacer aportes en diferentes áreas de la ciencia (Banks, 2012; Groner, 2016; Gwynne, Galea, Owen, Lawrence, & Filippidis, 1999; Ortiz Garcia & Gutiérrez, 2018), y que consiste en la representación de un proceso bajo un modelo lógico-matemático, generando un comportamiento artificial del sistema, donde los diferentes tipos de variables que afectan el funcionamiento de éste, se someten a una serie de cambios para analizar el comportamiento en condiciones diferentes.

Por lo anterior, las variables que intervengan en dicho procedimiento serán tratadas bajo modelos de simulación donde las cifras y datos obtenidos de los resultados son recopilados, verificados y validados con el fin de realizar un estudio de sensibilidad, para finalmente identificar la causa del problema e implementar un plan detallado con metodologías y soluciones factibles para disminuir los reprocesos y las pérdidas económicas de la empresa.

Finalmente, se plantean escenarios de solución los cuales se estudian a fondo para determinar cual es el mas apropiado para ser implementado por el aporte que hace a la solución del problema de la empresa.

Palabras clave

Floricultura; Simulación discreta; Cuello de botella.

Referencias

- Agricultura, M. (2015). Esperamos exportar 500 millones de flores a Estados Unidos: MinAgricultura.
- Alvarez, V. A. (2015, February). El aguacate y las flores marcan el futuro próspero del oriente paisa. *ElTiempo.Com*.
- Banks, J. (2012). Discrete-Event System Simulation. empleo.trovit.com.co. (2015). Necesidad de Empleo para corte de flores en Colombia.
- Groner, N. E. (2016). A decision model for recommending which building occupants should move where during fire emergencies. *Fire Safety Journal*, 80, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.11.002>
- Gwynne, S., Galea, E. R., Owen, M., Lawrence, P. J., & Filippidis, L. (1999). A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. *Building and Environment*, 34(6), 741–749. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(98\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(98)00057-2)
- Ortiz Garcia, R. A., & Gutiérrez, E. V. (2018). Modelación y simulación de comportamientos humanos en situaciones de emergencia en un call center : una revisión crítica de literatura Modeling and simulation of human behaviors in emergencies in call centers : a critical literature review. *USBMed*, 9(1).

-- --

82- #297 EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PARA LA AUTOGESTIÓN DE LA ELECTRICIDAD EN EL SECTOR COMERCIAL NO REGULADO EN COLOMBIA: CASO SUPERMERCADOS

Nathalie Ramirez Giraldo

Maestría en sistemas energéticos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia,
naramirezgi@unal.edu.co

Carlos Jaime Franco

Departamento de Ciencias de la Computación y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Colombia,
cjfranco@unal.edu.co

Laura Milena Cárdenas

Universidad de Antioquia, Colombia,
lauram.cardenas@udea.edu.co

Resumen

Dentro del sector comercial, los supermercados tienen una de las tasas más altas de consumo de energía por metro cuadrado (EIA, 2018). Se trata de un subsector con una evidente expansión comercial, un destacado crecimiento en el consumo de energía y la generación de gases de efecto invernadero. La posibilidad de ahorrar y mejorar la eficiencia energética en este subsector es indudable. Los supermercados tienen altas posibilidades de contribuir a la mitigación del cambio climático debido a la reducción de sus emisiones como resultado del desarrollo de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica, la eficiencia energética y la conservación de la energía.

Los esfuerzos de los países por enfrentar los efectos del cambio climático, han hecho que las fuentes no convencionales de energías renovables y las prácticas de eficiencia energética, reciban mayor atención por parte de los gobiernos, industrias y tomadores de decisión. Sin embargo, en Colombia se hace necesario conocer sobre los procesos de difusión de estas tecnologías y la efectividad de políticas para acelerar su adopción en el mercado. Esta investigación emplea la herramienta dinámica de sistemas para analizar políticas que incentiven la difusión de autogestión en el subsector comercial como son los supermercados en

Colombia. Se desarrollaron simulaciones para diferentes tipos de estrategias: fiscales, financieras, de comunicación y difusión. Los resultados arrojados señalan que las políticas dirigidas a eliminar las barreras de entrada, impulsan un mercado de autogestión de baja intensidad de carbono en Colombia y que la ejecución combinada de estrategias de autogestión es más eficaz que la aplicación aislada de cada una.

Palabras clave: Dinámica de sistemas; Simulación; Microgeneración; Eficiencia energética; Conservación de la energía.

Referencias

EIA. (2018). *U.S. Energy Use Intensity by Property Type*

Índice de autores

Adriana María Santa	14, 31	Cristian Camilo Marín Cano	13, 63
Alan Osorio	22	Cristian David Cadnia García	12, 68
Alejandro Arenas Vasco	16, 75	Cristian David Martínez Agaton	14, 73
Alejandro Bravo López	14, 46	Dairo Steven Muñoz Pinzón	13, 14, 24, 35
Álvaro Jaramillo Duque	13, 16, 57, 63	Danelly Lucumi	16, 30
Ana María Castillo Pastrana	12, 17, 20	Daniel Esteban Cortés Forero	13, 25
Ana María Gómez Lámus	12, 68	Daniel Orlando Martínez Quezada	50
Andrea Carolina Sierra Hernández	15, 50	Daniela Llano Lozano	14, 47
Andrea Mendoza Cruz	14, 47	Daniela Vera Alzate	13, 79
Andrés Alberto Aristizábal Pinzón	14, 46, 47	Daniella Cobo Vargas	16, 61
Andrés Alberto García León	16, 36	David Alejandro Miranda Mercado	12, 69
Andrés Carrion García	12, 17	David Álvarez Martínez	13, 25, 54
Andrés Felipe Osorio Muriel	1, 14, 46, 47	Deisy Carolina Lozano Suarez	58
Andrés Felipe Porto	15, 34	Diana C. Guzmán-Cortés	67
Andrés Gómez	13, 14, 26, 77	Diana Carolina Castillo González	13, 24
Andrés Guillermo Angarita Monroy	16, 73	Diana Urrego Niño	16, 71
Andrés Mauricio Paredes Rodríguez	15, 80	Diego Armando Vargas Romero	12, 21
Andrés Polo Roa	13, 14, 24, 35	Diego Leon Peña Orozco	33
Angélica Sarmiento Lepesqueur	14, 15, 36, 73	Diego Mauricio Riaño Rodríguez	42
Angie Paola Caicedo Manrique	15, 27	Eduyn Lopez-Santana	42, 48, 61
Anyi Paola Baza Pineda	15, 82	Edwin A. Garavito-Hernández	55, 66
Aura Cristina Mosquera Romaña	16, 29	Elena Fernández Aréizaga	16, 75
Betsy Julianny Cárdenas Ibáñez	15, 63	Elena Valentina Gutiérrez	1, 6, 12, 15, 44
Camila Andrea Toro Correa	16, 56	Eliana Catalina Angarita Ustate	13, 39
Camilo Ortiz-Astorquiza	67	Elveny Laguado Jaimes	16, 43
Carlos Alberto Rojas Trejos	16, 61	Erika Tatiana Ruíz Orjuela	14, 65
Carlos Andrés Arango Londoño ..	12, 17, 18, 19, 20	Esneyder Rafael González	15, 34
Carlos Eduardo Díaz Bohórquez ...	1, 14, 16, 53, 55, 56	Esteban Garzón Sánchez	15, 33
Carlos Franco	48, 61	Estefania Toro Morales	15, 33
Carlos Jaime Franco	13, 84	Fabián Alexander Torres Cárdenas ...	14, 16, 55, 56
Carlos Morales Pertuz	16, 43	Francisco Javier Ortiz	48
Carlos Rodrigo Correa Cely	15, 70	Francisco Núñez	23
Carlos Rodrigo Ruiz Cruz	13, 52	Frank Pernet	16, 43
Carmenza Osorio Gutiérrez	15, 82	Fredy Angarita Reina	16, 43
Carol Paola Escobar Cadena	12, 18, 19	German A. Álvarez	15, 28
Catalina Correa	16, 43	German Mendez Giraldo	48
Cesar Andrés López Martínez	51	Gloria Osorno	30
César Augusto Henao	15, 34	Guillermo Andrés Duarte Suarez	40
César Augusto Marín Moreno	12, 13, 23, 25	Harvy Herrera	30
César Camilo Rojas Morales	12, 22	Héctor López-Ospina	34
César Dario Alvarez Cruz	64	Helman Enrique Hernandez Riaño	51
Christian David Flor Astudillo	14, 46	Henry Alexander Leal Moreno	15, 36
Ciro Alberto Amaya Guio	1, 12, 22	Henry Arguello	13, 72
Claudia Johana Agudelo Arango	14, 47	Henry Lamos Díaz	1, 14, 66
		Ibeth Yasney Amaya Rueda	13, 26

Iván Andrés Acevedo Arcila	14, 59	Leyla Yamile Jaramillo	15, 28
Iveth Daniela Gutierrez Suarez	36	Liliana Marcela Palacio Rodriguez.....	69
Jainet Orlando Bernal Orozco Correo	29	Lina María Avendaño Paloma	15, 29
Jairo R- Coronado-Hernandez.....	71	Lina Mayerly Lozano Suarez	14, 53, 55, 58
Javier Alexi Chacón Suárez.....	13, 72	Luis Fernando Muñoz Morales.....	14, 47
Javier Baron Villamizar.....	16, 71	Luis Fernando Ospino León	15, 27
Javier Neira Rueda.....	17	Luis Francisco López Castro	12, 68
Javier Rodríguez Velasquez	43	Luis Francisco Rincón	13, 48
Jean-François Cordeau	67	Luis Miguel Escobar Falcón.....	12, 13, 23, 25, 54
Jersson Steven Castillo Romero	13, 40	Luis Miguel Perez Archila Correo	70
Jessica Rodríguez Pereira.....	16, 75	Magda Liliana Villamizar Osorio	16, 43
Jesús María Lopez Lezama	57, 62	Manuel Ángel Camacho Oliveros.....	15, 44
Jesus Velásquez-Bermúdez	32	Manuel Zapata Jaramillo	13, 81
Jhon Dairon Quiñones.....	16, 30	María Alejandra Giraldo Rondón.....	16, 35
Joaquín Giraldo	13, 39	Maria Alejandra Perilla Bilbao.....	24
Johan Stiven Ramírez Salazar	15, 82	Maria Gulnara Baldoquin de la Peña.....	74
John Willmer Escobar	1, 13, 54	María Lepesqueur Gossain	15, 36
Jorge Enrique Gonzalez Lastra	36	Marie–Ève Rancourt.....	67
Jorge I. Manrique	43	Mario C. Vélez Gallego	27
José Alcides Romero Martínez.....	15, 49	Mauren Selene Ramírez	13, 81
Juan Camilo Gutiérrez.....	15, 82	Mauricio Granada Echeverri	12, 13, 23, 54
Juan Camilo Jaramillo	16, 30	Mayda Liceth Vollmuth García	15, 82
Juan Carlos Rivera	1, 14, 15, 77	Mónica Alejandra Jiménez Méndez.....	14, 35
Juan David Bastidas Rodriguez	70	Natalia Ximena Martínez Pulido	13, 39
Juan David Carvajal Hernandez	46	Nathalie Ramirez Giraldo	84
Juan David Palacio D.....	71	Nayla Yessenia Sanabria Lozada.....	15, 50
Juan Diego Vélez Vargas.....	16, 78	Nelson Ricardo Otero Riaño	12, 69
Juan Esteban Gallo Plaza.....	14, 46	Nicolás Muñoz Galeano	13, 62
Juan Esteban Sierra	13, 16, 57, 63	Nora Cadavid Giraldo.....	15, 27
Juan Guillermo Villegas.....	1, 14, 15, 28, 76, 77	Oscar Javier Begambre.....	13, 48
Juan José Bravo Bastidas.....	15, 80	Pablo Andrés Maya	1, 13, 15, 16, 29, 39, 64
Juan Manuel Reyes García.....	14, 46, 47	Paula Sofia Castro Acevedo	13, 39
Juan Pablo Fernández-Gutiérrez.....	76	Pedro Alberto Arias Quintero.....	16, 43
Juan Pablo Orejuela Cabrera	13, 38	Raquel Pérez Blair	15, 28
Julián Alberto Espejo-Díaz	42	Reinaldo Morabito Neto	13, 64
Julián Andrés Arias Sanchez	80	Ricardo Parra Góngora	49
Julián Andrés Castillo Grisales	15, 79	Robert Fabián Mendoza Vega	15, 82
Julián Andrés Gómez Sánchez.....	13, 26	Roberto Baeza Serrato	14, 59
Julián Andrés Osorio Arcila	16, 61	Ronald Akerman Ortiz García	13, 15, 79, 81, 82
Julian Felipe Moreno Guzman.....	40	Rubén Iván Bolaños	12, 13, 23, 25
Julián González Velasco.....	16, 61	Sandra Milena Díaz López.....	13, 58
Karin Aguilar Imitola.....	13, 16, 26, 73	Santiago Castro Espinosa	13, 81
Kenny Cárdenas Parra.....	12, 13, 23, 25	Sebastián Arias	14, 15, 31, 51
Laura Milena Cárdenas	13, 16, 78, 84	Sebastián F. Castellanos.....	77
Laura Y. Escobar-Rodríguez.....	56, 66	Sebastián García Méndez.....	1, 15, 82
Leonardo H. Talero-Sarmiento	66	Sebastián Mateo Meza Villalba.....	12, 13, 52, 68
Leonardo Rivera Cadavid	15, 33	Sergio Danilo Saldarriaga Zuluaga	13, 62

Silvia J. Dagovett-Cala.....	55
Sonia Alexandra Jaimes Suarez.....	12, 68
Stefania Mosquera.....	16, 30
Steven Hernando Vargas Riaño	58
Susana Prada-Avellaneda.....	55
Tatian Gélvez	72
Víctor Alfonso Sanabria Ruiz	66

Vivian Lorena Chud Pantoja	13, 38
William J. Guerrero	42, 67, 73
<i>Wilson A. Ríos</i>	71
Wilson Adarme Jaimes	14, 65
Wilson Alexander Pinzón Rueda..	12, 17, 18, 19, 20
Wilson Arenas	14, 31
Yony Fernando Ceballos.....	8, 12, 15, 16, 78, 79